maniglie
e coordinati

novitá che diventa tradizione

FRESIA
VIA AOSTA, 3 - TORINO
TEL.: (011) 85.08.91
propone

mandelli & c. spa

besana brianza in vendita presso i negozi di materiale elettrico e ferramenta

IMPIANTI TELEFONICI DI PROPRIETÀ

Molte aziende, come industrie, banche, compagnie di assicurazione, enti pubblici, hanno l'impianto telefonico di proprietà, perché i calcoli economici sono evidenti:

- ☐ **ammortamento in pochi anni** *il valore di una centrale telefonica dopo 5 anni è del 60%.*
- ☐ **facilità di adeguamento** *sostituzione, applicazione di accessori, spostamenti, modifiche.*
- ☐ **celerità d'intervento** *nessun impegno pluriennale a scadenza fissa, nessun deposito cauzionale.*
- ☐ **consegne rapide.**

Altre informazioni potranno darvele i nostri tecnici. INTERPELLATECI!

INTERFONICI - RICERCA PERSONE - DIFFUSIONE SONORA
VENDITA APPARECCHI ED ACCESSORI TELEFONICI

RADIO TELEFONICA SUBALPINA

F. VIGNA - S. GASPARATO & C. - s.a.s.

TORINO - C.so DUCA DEGLI ABRUZZI 6 - TEL. 530300 - 530600

Prefabbricare un' esigenza di oggi

Al servizio del progettista e del committente

PREFABBRICATI PRECOMPRESSI VIBRATI IN C.A.
ING. PRUNOTTO
12060 GALLO GRINZANE ALBA (CN) TEL. (0173) 62032-62033

torinedile

10154 Torino - Via Sandro Botticelli, 36
Tel. (011) 26.48.41-26.70.15

CAMINETTI PREFABBRICATI

CAMINETTO RETTANGOLARE
ANGOLARE E A PARETE

NOVITÀ - FORNO A LEGNA IN
REFRATTARIO PER PANE - PIZZE

FORNELLA
GRILL
CON
FUNZIONE DI
BISTECCHIERA E GIRARROSTO

VELUX
Finestre per Tetti

TEGOLA CANADESE

iris
CERAMICA

ILA PEDRETTI
Prefabbricati civili e industriali

MATERIALI PER EDILIZIA

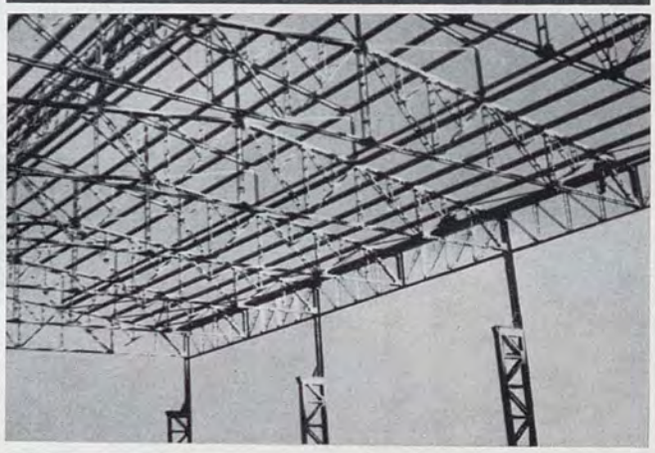
calce - cementi comuni e speciali - laterizi - eternit - tubi in plastica - materiali isolanti - prodotti chimici - pavimenti e rivestimenti per interni ed esterni - attrezzi edili - refrattari - manufatti in cemento - porte per caldaie e per cantine - scale retrattili - collanti per piastrelle - battiscopa in legno, resina e ceramica - faldali in lamiera - lucernari - ondulati plastici - tegole canadesi - caminetti - solai precompressi

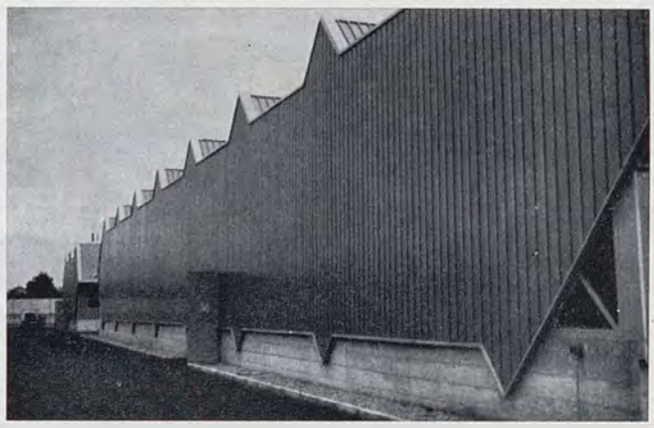
EDIFICI

CIVILI - INDUSTRIALI - AGRICOLI

ORTECO

CARPENTERIA METALLICA





Torino - c. M. D'Azeglio 78 - tel. 688792

ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE . ANNO XXXIV . N. 2 FEBBRAIO 1980

SOMMARIO

ATTI DELLA SOCIETÀ

Viaggio sociale alla città di Lione . . . . . pag. 41

Visita alla città storica di Carouge . . . . . » 42

Visita alla mostra: *I templi di File, allestita dal Museo Egizio di Torino* . . . . . » 43

Conferenza sul tema: *Contenuti e attività dell'Assessorato per l'ecologia della città di Torino* . . . . . » 43

Conferenza sul tema: *La ricostruzione della linea ferroviaria Cuneo-Breil-Ventimiglia* . . . . . » 44

Incontro sul tema: *Architettura - Acciaio* . . . . . » 44

Conferenza sul tema: *La politica del recupero del patrimonio edilizio esistente* . . . . . » 45

RASSEGNA TECNICA

G. Del Tin, E. Lavagno, M. Malandrone e B. Panella - *Crisi termica nei tubi di caldaie ad attraversamento forzato* . . » 47

V. Anselmo - *Sul comportamento delle infrastrutture stradali in ambiente alpino nel corso di eventi alluvionali* . . . » 61

E. Brocard - *Restauration immobilière dans le quartiers anciens du centre Ville de Chambery (Savoie)* . . . . . » 74

Direttore: Giuseppe Fulcheri.

Vice Direttore: Roberto Gabetti.

Comitato di redazione: Dante Buelli, Vincenzo Ferro, Marco Filippi, Cristiana Lombardi Sertorio, Mario Oreglia, Francesco Sibilla, Giovanni Torretta, Gian Pio Zuccotti.

Segretaria di redazione: Elena Tamagno.

Redazione, segreteria, amministrazione: Società degli Ingegneri e Architetti in Torino, via Giolitti, 1 - Torino.

ISSN 0004-7287

Periodico inviato gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.

NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA

180.000

sportelli bancari
riconoscono
la Carta Assegni
del Credito Italiano
e cambiano i tuoi assegni
in denaro contante

1.300.000

negozi, alberghi ed
esercizi di ogni genere
accettano
per i tuoi pagamenti
la carta di credito
Eurocard

Con Eurocard e Carta Assegni
sei ovunque tra amici...
il Credito Italiano
ti presenta e garantisce per te

Credito Italiano
BANCA D'INTERESSE NAZIONALE

Conferenze in preparazione del viaggio sociale a Lione

Nell'autunno 1979, su proposta del socio ingegner Barba Navaretti, il Direttivo della Società prendeva l'iniziativa di proporre ai soci una visita di tre giorni alla città di Lione; sia per ragioni organizzative, sia per evitare la stagione più fredda, viene successivamente deciso di rimandare il viaggio alla fine del mese di marzo. Nel frattempo vengono organizzate due conferenze per mettere a fuoco alcuni problemi, storici e attuali, che la visita permetterà di rileggere nel contesto urbano della città francese.

Giovedì 24 gennaio 1980, presso la sede sociale, il prof. Carlo Olmo, docente di Storia dell'Architettura presso la Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino, ha tenuto una conferenza sul tema: *Problemi ed esempi di architettura ed urbanistica nella città di Lione*, mettendo in evidenza i nessi storici fra sviluppo economico-sociale e crescita urbana del centro francese. Nella stessa serata, i fatti urbani più salienti sono stati illustrati ai numerosi convenuti dagli ingegneri Astrua e Mellano con l'ausilio di interessanti diapositive. In chiusura, si è svolto un interessante dibattito sulle scelte e sui modi dello sviluppo urbano della città.

Venerdì, 14 marzo 1980, sempre presso la sede sociale, gli architetti Beppe Bonaccorsi e Jean Pierre Rigad, della CO.UR.LY (Comunità Urbana di Lione), riprenderanno i problemi urbanistici, edilizi ed economici inerenti le operazioni di ristrutturazione urbana, in vista della visita alle realizzazioni che gli stessi architetti guideranno durante la permanenza dei soci a Lione.

Il viaggio si svolgerà nei giorni 22, 23 e 24 marzo secondo il seguente programma.

PROGRAMMA

Sabato 22 marzo

Ore 12.50

Arrivo a Lyon Perrache e sistemazione nell'Hotel Bristol.

Ore 14.30

Visita della Strada pedonale Rue de la Republique e Rue Victor Hugo. Visita al quartiere Vieux Lyon. Visita al Metro.

La visita agli interventi di recupero nel Vieux Lyon, sarà guidata dall'Arch. P. Drillen della « Renaissance du Vieux Lyon ».

Ore 19.00

Cena.

Domenica 23 marzo

Ore 9.30

Visita della Z.U.P. di Vaulx en Velin. Visita della Z.A.C. di Tonkin.

Si tratta di due esempi di insediamenti residenziali periferici in Piano di Zona realizzati di recente. La visita sarà guidata dall'Arch. M. Marin della S.E.R.L. (Société d'Equipement de la Rejion de Lyon).

Ore 13.00

Pranzo.

Ore 15.00

Visita alla ville nouvelle de l'Isle d'Abeau, guidata dall'Arch. M. Scoffoni della C.E.T.E.

Ore 19.00

Cena.

Lunedì 24 marzo

Ore 9.00

Appuntamento al Palazzo della CO.UR.LY. (Comunità Urbana di Lione) situato nel centro direzionale e commerciale della Part-Dieu. Visita della Part-Dieu guidata dall'Arch. D. Delfantes urbanista-capo della città e dall'Arch. Marin.

Ore 10.00

Incontro con l'Agence d'Urbanisme de la Courly (Ufficio Urbanistico della Comunità Urbana): Arch. Y. Rigaud (responsabile), Arch. Frebau, Arch. Soulier. Visita degli uffici.

Ore 13.00

Pranzo alla Part-Dieu.

Ore 14.30

Visita al quartiere di S. Clair.

Si tratta di un quartiere situato nella prima periferia della città, oggetto di un grosso intervento di recupero edilizio. La visita sarà guidata dall'Arch. Regad (responsabile dell'operazione progetto per conto dell'Agence de la CO.UR.LY.) e dell'Arch. Klein responsabile operativo dell'OPAC (Office Public d'Amenagement et de Construction) Departement du Rhône.

Ore 18.00

Ritorno in albergo e partenza dalla Gare Perrache.

Visita alla città storica di Carouge

Sabato 22 settembre 1979 si è svolta la visita sociale a Carouge, il cui tessuto urbano è stato recentemente studiato dal compianto Vice-presidente Giuseppe Boffa e presentato nel numero 1-2, 1978 di questa rivista. Diamo qui la relazione che, in due differenti stesure, ci ha gentilmente fatto pervenire l'architetto Adele Scribani, certi che ciascuna, per ragioni diverse, sarà gradita ai nostri lettori.

Sabato 22 settembre si è svolta la visita a Carouge, parte settecentesca, di matrice piemontese della Città di Ginevra.

Il disegno iniziale dell'impianto urbanistico, come le alterne vicende che accompagnarono sin qui la vita di Carouge, nonché la più recente problematica, erano stati presentati con sintesi efficace, tanto da motivare la visita della Società, dal compianto Ingegner Boffa, in sede di Rivista.

Altro contributo di studio con una più decisa accentuazione sui risvolti socio-economici dell'attuale situazione, si può definire il testo, cortese omaggio delle Autorità locali, a titolo *Problèmes des vieilles villes à l'exemple du Vieux Carouge* degli architetti Baertschi e Riva. Per chi volesse ancora esplorare le origini e aggiungere elementi di conoscenza, oltre l'opera fondamentale di Andrè Corboz, possono tornare molto utili gli articoli del professor Cavallari Murat e dello stesso Andrè Corboz, rispettivamente sugli architetti Viana e Garella.

Ne risulta un quadro a suo modo affascinante, di propositi portati avanti e adattati alla realtà, malgrado la povertà dei mezzi e una qualche accademia nelle intenzioni, da una piccola lungimirante Monarchia assoluta servita per lo più da Ingegneri Militari senza grande fantasia, a tutto vantaggio di un tranquillo ambiente a misura d'uomo.

Così ci è parsa Carouge: un tranquillo ambiente a misura d'uomo per una vita di paese d'altri tempi, con le case basse semplici, quasi banali, le botteghe distinte da insegne artigiane, il mercato, le chiese, il verde con fughe prospettiche appena avvertibili. Un'*isola* in armonia. Intorno all'*isola*, la *Città* incombe con le alte forme più attuali, ricca e vitale, in altra armonia.

La coesistenza tra l'*isola* e la *Città* non parrebbe neppure favorita da un distacco naturale del territorio del tipo Bergamo Alta-Bergamo Bassa. E il confronto tra l'*isola* e la *Città* non lascia facilmente indovinare quale destino possa attendere le case basse semplici, quasi banali, le botteghe distinte da insegne artigianali, il mercato, le chiese, il verde con fughe prospettiche appena avvertibili.

Occorre dire che dopo gli interventi più speculativi la tutela dell'*isola*, a livello Cantonale, si è fatta più stretta ed i restauri appaiono particolarmente curati (notati pluviali e grondaie di rame!). È tuttavia lamentato un ricambio di classi sociali; modesti abitanti e artigiani del vecchio quartiere lasciano posto per lo più ad intellettuali (notati interni piacevolissimi e minuscoli giardini di gusto pittorico), si moltiplicano gli *studios* con alterazione dei caratteri distributivi e Carouge rischia di divenire un fatto prettamente turistico. Oppure, le condizioni di una società così generalmente agiata da permettersi sovvenzioni a fondo perduto per opere di conservazione, sono tali da consentire la scelta di una fascia di popolazione che pure esiste in ogni società: chi ama ritrovare il passato e da qui prendere sicurezza e calore, il che non vuol dire sempre essere sognatori e forse neanche si riduce tutto a una sola questione di soldi.

Sabato 22 settembre 1979. Visita svolta a Carouge da oltre trenta soci al comando del Presidente della Società.

Partenza dopo levataccia paurosa, sconfessata da un certo ritardo.

Miraggio: Svizzera!

Viaggio lento con progressivo aumento del ritardo, nonché progressivo aumento dell'inclemenza degli elementi, tuttavia giudicata con sufficienza all'interno del pullman.

Vero panico e raggomitolio collegiale all'impatto dal vivo con l'inclemenza degli elementi.

Scarsa attenzione alle casette basse e al tranquillo ambiente di Carouge, nonché ai risvolti del dramma (?) locale del ricambio delle fasce sociali. Tutti gialli d'invidia per le grondaie ed i pluviali in rame di case restaurate.

Grandissimo interesse per i servizi (alias, W.C.).

Lunghissima seconda colazione; lunghissima non a motivo delle portate semplici e strapagate, bensì a motivo del tempo potuto passare al coperto e al caldo.

Uscita giocoforza e in blocco compatto dal ristorante.

Scarsa attenzione a ulteriori problemi socioeconomiciurbanisticoarchitettonici di Carouge.

Qualche vivacità di taluni (per lo più, ingegneri), per una pericolosa ispezione mediante scale sospese nel vuoto ai lavori di restauro di una Chiesa tipo S. Giulia.

Fuga rapidissima di taluni altri (per lo più, architetti), per l'acquisto di una tavoletta di cioccolata svizzera.

Ancora grande interesse per i servizi (vedasi la nota soprastante) sia pure frammisti a prodotti artigianali.

Ritorno velocissimo con mugugno, lenito da promesse del Presidente relativamente a golosità servite al coperto, al caldo, in Italia, a sue spese.

Scioglimento della compagnia a gruppi sparsi molto preoccupati di scendere dal pullman per quanto possibile sotto casa.

Visita alla mostra: I templi di File, allestita dal Museo Egizio di Torino

Il giorno 22.10.1979, per gentile concessione della Direzione del Museo, terminato ormai il periodo di apertura al pubblico della mostra, è stata organizzata espressamente per i Soci una visita guidata a questa interessante esposizione. All'iniziativa ha aderito un elevato numero di Soci, i quali hanno effettuato la visita suddivisi in gruppi di circa venti persone; ciò a causa della particolare conformazione della mostra. La visita è stata illustrata dal professor Silvio Curto, Direttore del Museo Egizio di Torino, che cordialmente ringraziamo per il generoso *tour de force* cui si è sottoposto per avere voluto illustrare compiutamente a tutti i gruppi di Soci l'intero allestimento. Nella mostra erano esposte, con dovizia di materiale fotografico, disegni e modelli in scala, le varie operazioni di rilievo, smontaggio, stoccaggio e rimontaggio effettuate dalla « Condotte Mazzi Estero S.p.a. », in collaborazione con la Soprintendenza alle Antichità Egizie di Torino, per il salvataggio dei Templi di File: questi, ubicati sull'isola omonima nel fiume Nilo, erano già parzialmente sommersi dalle acque in seguito alla costruzione della diga di Assuan. L'intera operazione, preceduta dalla costruzione di una diga ad anello attorno all'isola per consentire il prosciugamento dell'acqua al suo interno, si è articolata in diverse fasi:

— il rilevamento dell'isola con l'ubicazione degli edifici con il loro orientamento e le reciproche posizioni;

— il rilevamento degli edifici e di tutti gli elementi componenti, a livello della minima unità costruttiva (blocco);

— le operazioni di numerazione, smontaggio e stoccaggio dei componenti;

— la ricostruzione del complesso nella vicina isola di Agilkia, assai più elevata e fuori del pericolo delle acque del Nilo.

Completava l'allestimento un settore dedicato ad una raccolta sulla iconografia storica dei Templi e dell'isola di File.

Conferenza sul tema: Contenuti e attività dell'assessorato per l'ecologia della città di Torino

Giovedì 15 novembre 1979, presso la sede sociale, l'avvocato Marziano Marzano, Assessore per l'Ecologia e l'Igiene urbana del Comune di Torino, ha fatto una interessante esposizione dei presupposti operativi e dell'Attività del proprio Assessorato. Qui di seguito è riportata la sintesi dell'intervento che gentilmente e tempestivamente lo stesso avvocato Marzano ci ha inviato.

La Giunta Municipale nel novembre 1976 ha costituito l'Assessorato all'Ecologia raggruppando in esso una serie di competenze fino ad allora frazionate tra più Assessorati.

Ad esso fanno capo il Servizio Rilevamento Inquinamento Atmosferico, l'Igiene del Suolo e dell'Abitato, il settore dei Lavori Pubblici relativo alle strade ed al suolo in genere, al Verde, all'assetto idro-geologico della Collina, ai Ponti, ai Canali, alle Fognature ed all'Illuminazione Pubblica, l'Azienda Elettrica Municipale, l'Azienda Acquedotto Municipale, l'Azienda Municipale Raccolta Rifiuti, la Nettezza Urbana. Sono state affiancate in tal modo Ripartizioni di controllo e di natura promozionale ad uffici che possono intervenire anche sul piano esecutivo.

Da quanto sopra esposto risulta che l'Assessorato ha pertanto gli strumenti per intervenire globalmente su tutto ciò che riguarda l'ambiente della vita in generale e l'ambiente cittadino in particolare. Molta attenzione è stata dedicata al problema del verde urbano non soltanto per il suo accrescimento quantitativo, ma anche per il suo miglioramento qualitativo. Dal '75 ad oggi i metri quadrati di verde sono notevolmente aumentati passando da 6 milioni a oltre 10 milioni.

Altri interventi significativi hanno determinato una esperienza tecnica e professionale per l'Ufficio Tecnico della Città di Torino. Tra questi interventi ricordiamo la costruzione dei laghi della Pellerina, il sottopasso del Lingotto, il rifacimento della Via Garibaldi.

Né sono stati dimenticati i problemi relativi all'assetto idro-geologico della collina che sono stati esaminati a fondo da una commissione di studio appositamente costituita e che ha provocato una serie di interventi specie nel settore fognario tuttora in corso.

È evidente come non sempre la preparazione e la buona volontà degli operatori tecnici sia stata sostenuta da una organizzazione dell'Ufficio Tecnico consono ai tempi moderni. In particolare la carenza di personale diventata ormai drammatica, ha inciso soprattutto sugli interventi manutentivi. La situazione si è aggravata ancora di più nel momento dell'avvio dei primi esperimenti di partecipazione.

È auspicabile che le normative future ci consentano di dotare l'Ufficio Tecnico del Comune di Torino di mezzi e di uomini necessari per mantenere il livello professionale del passato e del presente.

Conferenza sul tema: La ricostruzione della linea ferroviaria Cuneo - Breil - Ventimiglia

Il giorno 29.11.1979, presso la sede della Società degli Ingegneri e degli Architetti, l'ingegner Luigi Ballatore, Capo dell'Uffico Lavori e Costruzioni del Compartimento FFSS di Torino, ha illustrato con l'ausilio di una ricca cartografia e di numerose diapositive le caratteristiche tecniche della linea ferroviaria Cuneo-Breil-Ventimiglia, ora denominata Cuneo-Nizza, ripristinata ultimamente dopo le rovine subite nel corso della seconda guerra mondiale e inaugurata nel mese di ottobre di quest'anno.

L'ingegner Luigi Ballatore ha esposto il dibattito sui diversi tracciati e le varie peripezie progettuali relativi al progetto originale, e ha illustrato le notevoli difficoltà incontrate nella realizzazione nonché le varie tecniche costruttive adottate, soffermandosi in particolare su quelle riguardanti la costruzione delle gallerie; in questa realizzazione, infatti, la costruzione delle numerose gallerie (più di ottanta) ha rivestito un carattere di particolare difficoltà a causa della morfologia geologica della zona, che ha imposto l'impiego, piuttosto inusuale per quell'epoca, di carpenteria e « marciavanti » metallici nel fronte di avanzamento.

All'ingegner Ballatore ha fatto seguito l'ingegner Perazzone, progettista di varie opere d'arte eseguite nella ricostruzione di questa linea ferroviaria: in particolare l'ingegner Perazzone ha illustrato, con l'ausilio di diapositive, il viadotto dello Scarassoui, un ponte ferroviario in curva realizzato in calcestruzzo precompresso e costruito in territorio francese. Egli si è soffermato in particolare sulle caratteristiche tecniche del manufatto e sulle particolari difficoltà incontrate e superate specie in ordine all'adeguamento del progetto e dei collaudi strutturali alla normativa francese.

Incontro sul tema: Architettura - Acciaio

Organizzato dalla ITALSIDER con il patrocinio della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, l'incontro ha avuto luogo il giorno 12.12. 1979 nell'auditorium della Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Torino, completamente gremito per la grande affluenza di pubblico.

Il presidente della Società degli Ingegneri e degli Architetti, ingegner Giuseppe Fulcheri, ha porto il saluto ai convenuti e tenuto una breve prolusione, per introdurre l'argomento e presentare i relatori, svolgendo poi la funzione di moderatore nel corso dell'incontro.

Il dottor Gian Carlo Del Lungo, Direttore Centrale dell'ITALSIDER, ha tenuto la prima relazione sul tema *La siderurgia e l'edilizia*; in essa ha fornito e analizzato interessanti dati statistici sulla produzione dell'acciaio nel mondo e in Italia, con particolare riferimento alla ITALSIDER, fornendo i dati relativi al fabbisogno e consumo de prodotti siderurgici nel settore edile. Quindi ha tenuto la sua comunicazione l'ingegner Vittorio Nascè, professore del Politecnico di Torino, sul tema *Situazione e prospettive delle strutture in acciaio*; la sua esposizione è stata illustrata con bellissime diapositive delle prime costruzioni metalliche del '700, delle grandi opere di ingegneria in ferro dell'800, nonché delle attuali principali opere strutturali in acciaio.

Al termine delle relazioni è stato proiettato il documentario *Dialoghi dell'acciaio* sulle applicazioni strutturali di tale materiale in varie realizzazioni estere, quali strutture portanti di edifici, strutture autostradali, silos metallici, nonché diversi esempi di applicazione in strutture miste. In

questa sede è stata inoltre presentata a Torino l'ultima opera monografica dell'ITALSIDER, il volume *Architettura - Acciaio. Edifici civili*, traduzone dell'opera tedesca *Stahlbauatlas - Geschossbauten* edita dalla Deutschen Stahlbau Verband di Colonia.

La manifestazione si è conclusa con un magnifico cocktail offerto a tutti i convenuti.

L'interesse suscitato dal tema ha indotto il Comitato di Redazione a inserire nel programma per l'annata 1980 una presentazione più ampia degli argomenti trattati.

Conferenza sul tema: La politica del recupero del patrimonio edilizio esistente

Venerdì 14 dicembre, presso la sede sociale, l'Assessore alla Edilizia e problemi della casa del Comune di Torino ha esposto ai convenuti, tra i quali erano presenti anche alcuni studenti del Politecnico, l'opera e le linee programmatiche del suo assessorato, mettendone anche criticamente in evidenza alcuni punti.

Il recupero del patrimonio edilizio esistente deve essere considerato non un problema a sé, ma inquadrato nel più vasto problema della casa; specie nell'immediato futuro si consoliderà e amplierà la tendenza politica orientata ad affiancare, accanto al recupero degli edifici degradati, la costruzione di nuove abitazioni, specie nelle aree libere della cintura di Torino; nondimeno il problema del recupero interessa, nei suoi vari gradi di urgenza e di quantità di intervento, circa il 70 % del patrimonio edilizio della città di Torino. Il discorso del recupero è legato, in questa Amministrazione, a due scelte politiche di fondo:

— evitare qualsiasi ulteriore terziarizzazione del centro, anzi disincentivare quanto più possibile il terziario esistente;

— mantenimento *in situ* degli abitanti attualmente insediati (mantenimento di una densità abitativa analogo-inferiore all'attuale, o ceti sociali analoghi agli attuali); rimane sottinteso che, nell'obiettivo di razionalizzare la densità abitativa, una quota parte degli abitanti dovrà essere rilocata altrove.

I principali problemi in ordine a tali prospettive sono principalmente la necessità:

— di creare case-parcheggio in aree adiacenti a quelle da risanare, per consentire l'esecuzione dei lavori di ristrutturazione e/o risanamento senza trasferire gli abitanti in altre zone della città;

— di studiare strutture e convenzioni che consentano la partecipazione di imprese private, essendo impensabile sia di realizzare una tale operazione solo con enti di tipo pubblico, sia che le imprese private possano operare senza una adeguata remunerazione dei capitali impiegati. A tale proposito viene indicata, come esempio di una delle possibili forme di convenzionamento, quella stipulata fra il Comune e il Collegio dei Costruttori per il risanamento di quattro isolati degradati in piazza Emanuele Filiberto.

Il recupero del patrimonio edilizio esistente è reso sempre molto problematico a causa della necessaria e specifica conoscenza dell'organismo architettonico sul quale si opera, conoscenze molto disparate secondo il tipo di manufatto (es. centro storico, barriere operaie, quartieri IACP nei vari periodi, ecc.), e specifici strumenti tecnici per garantire la correttezza e l'economicità dell'intervento; difficoltà congenita alla Amministrazione Comunale è quella di riuscire a calibrare i tempi dei finanziamenti, necessariamente brevi, con quelli relativamente lunghi necessari agli studi preparatori finalizzati al recupero.

RASSEGNA TECNICA

La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino accoglie nella « Rassegna Tecnica », in relazione ai suoi fini culturali istituzionali, articoli di Soci ed anche non Soci, invitati. La pubblicazione, implica e sollecita l'apertura di una discussione, per iscritto o in apposite riunioni di Società. Le opinioni ed i giudizi impegnano esclusivamente gli Autori e non la Società.

Crisi termica nei tubi di caldaie ad attraversamento forzato

G. DEL TIN, E. LAVAGNO, M. MALANDRONE, B. PANELLA (*), *presentano un'analisi accurata del fenomeno della crisi termica nei tubi percorsi da miscela bifase e prendono in esame tubi con rigature, nervature e scanalature il cui scopo è di aumentare i flussi termici e titoli corrispondenti alla crisi termica. Analizzano inoltre alcune correlazioni di crisi termica di cui si rileva l'inadeguatezza a interpretare i dati sperimentali ottenuti in numerosi laboratori per i tubi rigati.*

Introduzione

Il flusso termico imposto ai pannelli evaporatori dei generatori di vapore convenzionali trova un limite superiore nei livelli di flusso che causano la crisi termica.

A seguito della diminuzione del coefficiente di scambio termico parete-fluido che essa comporta, la temperatura di parete dei tubi evaporatori può infatti superare i limiti che ne garantiscono l'integrità fisica, con cedimento immediato della parete stessa o con notevole riduzione della sua vita a seconda dei livelli di flusso termico.

Le condizioni operative dei generatori di vapore condizionano fortemente le modalità di crisi termica, per la cui previsione non è possibile utilizzare le correlazioni, adottate per l'analisi termoidraulica dei reattori nucleari ad acqua, e ricavate in condizioni differenti. Le pressioni di esercizio dei generatori di vapore convenzionali sottocritici (dell'ordine dei 200 kg/cm^2) sono infatti notevolmente superiori a quelle dei circuiti primari dei reattori ad acqua e i parametri termoidraulici del deflusso sono molto diversi; in particolare il titolo medio in uscita (che per un BWR è dell'ordine del 15 %) nei generatori convenzionali a ricircolazione è dell'ordine del 30 % e nei pannelli dei generatori ad attraversamento forzato è del 100 %.

Anche la geometria è sostanzialmente diversa, in quanto il refrigerante fluisce all'interno di tubi lunghi alcune diecine di metri laddove nei reattori fluisce in canali a fasci di barre lunghi circa quattro metri.

I generatori di vapore convenzionali hanno una qualche analogia con i generatori di vapore associati ai reattori nucleari a gas ad alta temperatura e ai reattori veloci refrigerati con sodio; si differenziano tuttavia da questi per la pressione (più elevata nei generatori di vapore convenzionali) e per la geometria dei tubi evaporatori; in particolare, in alcuni generatori di vapore convenzionali le tubazioni dei pannelli evaporatori presentano, lato acqua, particolari conformazioni della superficie atte ad ostacolare l'insorgere dei fenomeni di crisi termica (tubi « rigati »). I tubi evaporatori dei generatori di vapore convenzionali sono inoltre caratterizzati da una forte disuniformità nella distribuzione circonferenziale del flusso termico.

Le modalità di scambio termico sono infine, per i tubi dei generatori di vapore convenzionali, più simili al caso del « flusso termico imposto » che della temperatura imposta.

Negli ultimi anni è cresciuto l'interesse nei confronti della termoidraulica dei generatori di vapore tradizionale.

Le ragioni dell'accresciuto interesse sono da ricercarsi nei più elevati livelli di flusso termico imposti ai pannelli della camera di combustione e del deterioramento talvolta molto rapido, con fessurazione, delle pareti dei tubi evaporatori; questi eventi sono stati relativamente frequenti in particolare nei primi anni di esercizio delle centrali UP installate in Italia, soprattutto durante le fasi di avviamento e di distacco dalla rete.

Pur essendo la termoidraulica dei deflussi bifase ampiamente trattata nella letteratura specializzata (soprattutto in relazione alle problematiche legate alla progettazione dei reattori refrigerati ad acqua bollente e pressurizzata) si denota la carenza di un'analisi sistematica della termoidraulica dei generatori di vapore convenzionali, e di correlazioni di progetto adatte alle loro geometrie e pressioni di esercizio, con particolare riferimento ai fenomeni della crisi termica.

(*) Docenti e ricercatori dell'Istituto di Fisica Tecnica e Impianti Nucleari del Politecnico di Torino.

1. Generalità sulla crisi termica

Come è noto, la crisi termica è un fenomeno complesso, che dipende da molti parametri, e perciò non è riconducibile a un'unica fenomenologia.

Esistono nella letteratura inoltre vari termini per identificarla: *burnout*, *dryout*, *departure from nucleate boiling* (DNB), *critical heat flux* (CHF), *boiling transition* (BT), ciascuno dei quali esprime un aspetto del fenomeno sotto certe condizioni.

Per esempio il termine DNB si riferisce all'esistenza di ebollizione nucleata sulla parete del condotto, che per alti flussi termici porterebbe alla formazione di *macchie* di vapore sulla parete, impedendo il normale scambio termico per ebollizione nucleata e provocando la crisi termica; il termine DNB esprime quindi correttamente il fenomeno per bassi titoli (o in condizioni sottoraffreddate), alte pressioni e alte portate. Il termine *dryout* invece fa riferimento all'esistenza di un moto anulare nel condotto, nel quale il film di liquido sulla parete si asciuga completamente provocando la crisi termica; esso esprime correttamente il fenomeno per alti titoli, portate e pressioni non troppo alte.

Lo stesso termine CHF (flusso termico critico), o il termine *crisi termica*, pur più generali, sono alquanto fuorvianti nei casi in cui il fenomeno non porta al collasso del materiale; in tal caso il termine *burnout* è ancora più esplicito; il termine CHF inoltre ha il difetto di far riferimento a un *flusso termico locale* mentre in alcuni casi il fenomeno è influenzato dalla termoidraulica delle regioni del canale a monte, cioè dalle modalità con le quali si arriva alla situazione di crisi (per esempio quando il flusso termico non è uniformemente distribuito).

In Unione Sovietica si usano i termini di *burnout del primo tipo* per la crisi a basso titolo, e di *burnout del secondo tipo* per la crisi ad alto titolo ed in regime di moto anulare.

Qui si farà comunque uso del termine *crisi termica* (e di *flusso termico critico*), pur tenendo conto delle osservazioni precedenti, perché largamente usati nella letteratura e con l'intesa di dare al fenomeno la connotazione di « deterioramento » dello scambio termico, con conseguente aumento più o meno grande della temperatura di parete.

La complessità del fenomeno deriva essenzialmente dalla sua dipendenza dai regimi di moto esistenti e dalla loro evoluzione lungo il condotto, noti solo approssimativamente tramite per esempio la mappa di Hewitt [1] per moto verticale, e in condizioni di moto non disturbato, cioè in tubi lisci diritti, senza ostacoli o cambiamenti di sezione di passaggio del fluido.

Se ci si riferisce al caso più semplice del moto verticale verso l'alto di acqua in tubi riscaldati uniformemente, appare che, malgrado la gran mole di risultati sperimentali (molte migliaia di punti), il campo dei parametri investigati è relativamente ristretto [2].

Limitandosi solo alle grandezze pressione e diametro, mancano in particolare i dati relativi alle condizioni del presente lavoro, cioè per pressioni superiori a 180 kg/cm^2 e per diametri dell'ordine di 13 mm. Ciò è dovuto soprattutto al fatto che la maggior parte degli esperimenti ha preso in considerazione condizioni tipiche del funzionamento dei reattori nucleari, dove, a causa degli alti flussi termici, la crisi termica costituisce il limite di progetto più importante (anche se si tende sempre più a sdrammatizzarne gli effetti).

Occorre tuttavia aggiungere che nel caso semplice di tubo verticale con flusso termico uniforme e nell'intervallo di parametri investigato c'è un buon accordo tra i dati sperimentali dei vari laboratori; l'Accademia delle scienze dell'URSS [3] ha recentemente prodotto tabelle standard di flusso termico critico (tabella 1) per pressioni fino a 196 bar e per diametri di 8 mm (ma viene indicata una formula per l'estensione fino a 16 mm).

C'è da notare inoltre una carenza di dati per tubi molto lunghi, come quelli delle caldaie e dei generatori di vapore; c'è solo un lavoro sperimentale di Campolunghi, Cumo et al. [4] per tubi di 22 m di lunghezza (di cui i primi 11 m avvolti ad elica). Nel caso dei pannelli di una caldaia ad attraversamento forzato i tubi hanno lunghezze variabili da 7 a 15 m circa, ma occorre rilevare che da un pannello all'altro si ha una omogeneizzazione della miscela bifase, dovuta al rimescolamento nei collettori, con condizioni del fluido all'ingresso dei tubi diverse da pannello a pannello, che vanno da condizioni sottoraffreddate nei primi pannelli a condizioni con altri titoli di ingresso nei pannelli successivi.

Pur valutando un debole effetto della lunghezza del tubo sul flusso critico [5], le condizioni suesposte, in quanto influenzano il regime di moto, hanno certamente un peso non trascurabile sulla crisi termica, la quale in generale non può essere considerata unicamente dalle condizioni locali, come già detto. Passando al caso di flusso termico non uniforme assialmente (è stata studiata in particolare la distribuzione cosinusoidale tipica dei reattori nucleari) da quanto detto precedentemente appare chiaro che il fenomeno di crisi, visto come uno sviluppo cumulativo della termoidraulica lungo il canale, ne sarà influenzato. Si può dire che il flusso critico è più basso per una distribuzione cosinusoidale, rispetto al caso del flusso uniforme [6], [7], [8]; la discrepanza diminuisce però al crescere della pressione e della portata areica [7].

Nel caso di un picco del flusso termico il flusso di crisi tende al flusso termico medio al crescere del titolo [9].

Per flusso termico variabile lungo la circonferenza del tubo, il flusso termico medio di crisi è più basso rispetto alla distribuzione uniforme ma la discrepanza diminuisce con la pressione e il titolo [10], [11]; in particolare per pressioni superiori a 180 bar la diminuzione di flusso termico critico è piccola, ed è dovuta soprattutto alle limi-

G	sottoraffreddamento °C					$p = 29{,}5$ bar titolo														
kg/(m^2 s)	75	50	25	10	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
750						7,95	7,50	7,10	6,75	6,45	6,15	5,80	5,50	5,25	5,00	4,80	4,20	3,75	3,20	
1000			8,80	8,40	8,20	7,70	7,25	6,75	6,35	5,95	5,60	5,25	4,95	4,65	4,30	4,00	3,70	3,35		
1500		9,50	8,75	8,20	8,00	7,25	6,55	6,00	5,40	4,90	4,60	4,15	3,80	3,40	3,00	2,60				
2000	10,53	9,65	8,60	8,00	7,75	6,70	5,90	5,55	4,75	4,25	3,80	3,35	2,90	2,50						
2500	10,80	9,90	8,65	7,90	7,60	6,35	5,50	4,80	4,25	3,70	3,25	2,80	2,35							
3000	11,25	10,05	8,65	7,85	7,40	6,05	5,20	4,55	3,95	3,25	3,05	2,65								
4000	12,10	10,35	8,75	7,75	7,20	5,75	4,80	4,05	3,50	3,05	2,65									
5000	12,60	10,65	8,85	7,70	7,05	5,25	4,35	3,80	3,30	2,90	2,50									
						$p = 49$ bar														
750					7,40	6,75	6,25	5,80	5,40	5,10	4,85	4,60	4,35	4,15	3,95	3,75	3,55	3,40	3,20	3,00
1000		8,55	8,00	7,60	7,40	6,50	5,95	5,55	5,20	4,90	4,60	4,30	4,05	3,85	3,60	3,40	3,20	2,95		
1500	9,40	8,75	8,10	7,60	7,25	6,25	5,50	5,00	4,60	4,30	4,05	3,80	3,55	3,30	3,05	2,85				
2000	9,75	9,00	8,15	7,60	7,10	5,90	5,10	4,50	4,05	3,70	3,40	3,15	2,90	2,65						
2500	10,05	9,20	8,20	7,45	7,00	5,70	4,75	4,15	3,70	3,35	3,05	2,75	2,35							
3000	10,40	9,40	8,25	7,35	6,90	5,55	4,60	3,95	3,50	3,10	2,75	2,45								
4000	11,20	9,75	8,30	7,20	6,60	5,30	4,30	3,65	3,15	2,61	2,10									
5000	11,65	10,15	8,40	7,10	6,35	5,05	4,05	3,35	2,85	2,30	1,75									
						$p = 69$ bar														
750		7,40	6,85	6,45	6,20	5,45	4,90	4,50	4,20	3,95	3,75	3,55	3,35	3,20	3,00	2,85	2,65	2,45	2,25	
1000	8,15	7,60	6,85	6,45	6,15	5,30	4,70	4,30	4,00	3,75	3,50	3,30	3,05	2,80	2,60	2,35	2,10			
1500	8,50	7,80	6,95	6,45	5,95	5,10	4,35	3,95	3,60	3,25	2,95	2,75	2,55	2,35						
2000	8,85	8,00	7,00	6,40	5,90	4,80	4,05	3,55	3,20	2,85	2,55	2,30	2,05							
2500	9,20	8,25	7,00	6,35	5,70	4,50	3,75	3,25	2,90	2,55	2,25	1,95								
3000	9,75	8,45	7,15	6,25	5,55	4,30	3,60	3,10	2,65	2,25	1,90									
4000	10,20	8,90	7,25	6,10	5,35	4,10	3,30	2,75	2,25	1,90										
5000	11,40	9,60	7,40	6,30	5,65	4,25	3,10	2,45	1,95	1,50										
						$p = 98$ bar														
500			4,95	4,65	4,45															
750	6,30	5,80	5,20	4,90	4,55	3,90	3,55	3,30	3,05	2,80	2,60	2,40	2,25	2,10	1,95	1,75	1,55			
1000	6,55	5,95	5,05	4,80	4,55	3,90	3,45	3,10	2,85	2,60	2,40	2,20	2,00	1,75	1,60					
1500	7,05	6,25	5,25	4,80	4,50	3,85	3,30	2,90	2,60	2,30	2,05	1,80	1,55							
2000	7,65	6,50	5,40	4,85	4,45	3,60	2,95	2,50	2,20	1,90	1,65									
2500	8,25	7,00	5,65	5,00	4,30	3,40	2,80	2,40	2,05	1,70	1,40									
3000	8,75	7,50	6,00	5,15	4,30	3,35	2,60	2,10	1,75	1,45	1,20									
4000	10,00	8,25	6,40	5,25	4,50	3,25	2,40	1,95	1,55	1,25	0,95	0,75	0,55	0,45	0,35					
5000	11,40	9,40	6,90	5,80	4,65	3,30	2,25	1,70	1,35	1,10	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40					
						$p = 118$ bar														
500	4,90	4,40	3,90	3,70	3,40															
750	5,20	4,60	4,00	3,70	3,40	2,95	2,60	2,40	2,25	2,05	1,90	1,75	1,60	1,45	1,30	1,20				
1000	5,55	4,80	4,20	3,75	3,45	2,95	2,65	2,40	2,20	1,95	1,75	1,60	1,45	1,30						
1500	6,15	5,40	4,45	3,90	3,45	2,90	2,50	2,20	1,90	1,65	1,45	1,25								
2000	7,20	6,15	4,85	4,10	3,55	2,90	2,40	2,05	1,75	1,45	1,15									
2500	7,80	6,60	5,20	4,20	3,60	2,90	2,35	1,90	1,50	1,25	1,05									
3000	8,75	7,15	5,55	4,45	3,70	2,95	2,15	1,70	1,30	1,00	0,80	0,65	0,55							
4000	9,60	7,85	6,20	5,00	3,90	3,00	2,15	1,70	1,30	1,00	0,80	0,65	0,55	0,45	0,40					
5000	11,10	8,80	6,75	5,55	4,45	3,05	2,15	1,70	1,35	1,10	0,90	0,75	0,60	0,50	0,45					
						$p = 137$ bar														
500	3,90	3,45	3,00	2,70	2,55															
750	4,10	3,65	3,15	2,80	2,50	2,25	2,05	1,85	1,70	1,55	1,40	1,30	1,20	1,10						
1000	4,50	3,95	3,40	3,05	2,80	2,25	2,00	1,80	1,60	1,40	1,30	1,15								
1500	5,30	4,50	3,80	3,25	2,95	2,30	1,95	1,70	1,45	1,20	0,90									
2000	6,15	5,15	4,15	3,50	3,10	2,40	1,95	1,60	1,30	1,00	0,80									
2500	6,75	5,70	4,50	3,75	3,25	2,50	1,95	1,45	1,10	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40	0,30					
3000	7,55	6,30	4,90	4,00	3,40	2,55	1,90	1,45	1,15	0,90	0,80	0,60	0,55	0,40	0,35					
4000	9,25	7,40	5,70	4,65	3,80	2,75	2,05	1,55	1,30	1,05	0,90	0,75	0,65	0,55	0,45					
5000	10,60	8,45	6,40	5,30	4,30	3,05	2,20	1,80	1,50	1,25	1,05	0,90	0,75	0,60	0,50					
						$p = 157$ bar														
500	2,95	2,55	2,20	2,00	1,85															
750	3,30	2,90	2,45	2,15	2,00	1,75	1,50	1,35	1,20	1,05	0,95	0,85								
1000	3,75	3,25	2,70	2,35	2,10	1,80	1,55	1,35	1,20	1,05	0,90									
1500	4,55	3,80	3,25	2,75	2,30	1,95	1,60	1,35	1,15	0,95	0,80	0,60								
2000	5,40	4,50	3,65	3,00	2,45	2,10	1,75	1,45	1,25	1,05	0,85	0,60	0,45	0,35	0,30					
2500	6,10	5,05	4,05	3,35	2,65	2,20	1,80	1,55	1,25	1,00	0,80	0,65	0,50	0,45	0,40					
3000	6,80	5,65	4,45	3,60	2,85	2,25	1,85	1,55	1,30	1,05	0,85	0,65	0,55	0,45	0,40					
4000	8,30	6,70	5,25	4,25	3,15	2,60	2,10	1,75	1,45	1,20	1,00	0,85	0,70	0,55	0,45					
5000	9,80	7,85	5,90	4,70	3,75	3,00	2,40	2,00	1,65	1,40	1,20	1,00	0,80	0,65	0,55					
						$p = 176$ bar														
500	2,20	1,90	1,65	1,50	1,40															
750	2,95	2,50	2,10	1,75	1,50	1,30	1,10	0,95	0,80	0,70	0,60	0,50								
1000	3,45	2,85	2,25	1,90	1,60	1,35	1,15	1,00	0,85	0,75	0,65	0,50	0,40	0,30	0,20					
1500	3,70	3,20	2,55	2,25	1,80	1,55	1,30	1,10	0,90	0,80	0,65	0,55	0,45	0,35	0,30					
2000	4,60	3,75	3,00	2,50	2,10	1,75	1,45	1,25	1,10	0,95	0,75	0,60	0,45	0,35	0,30					
2500	5,05	4,35	3,30	2,80	2,15	1,90	1,65	1,45	1,20	1,00	0,80	0,65	0,55	0,45	0,35					
3000	5,70	4,70	3,55	3,00	2,35	2,05	1,80	1,55	1,35	1,15	0,95	0,80	0,65	0,50	0,40					
4000	7,25	5,75	4,40	3,55	2,85	2,45	2,05	1,85	1,55	1,35	1,15	1,00	0,80	0,65	0,50					
5000	8,70	6,85	4,95	3,85	3,05	2,75	2,40	2,05	1,70	1,45	1,20	1,00	0,85	0,70	0,60					
						$p = 196$ bar														
500	1,70	1,55	1,45	1,35	1,30															
750	2,05	1,80	1,60	1,40	1,35	1,00	0,80	0,70	0,65	0,50	0,45	0,45								
1000	2,30	2,05	1,75	1,55	1,35	1,10	0,95	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30							
1500	2,95	2,55	2,00	1,80	1,50	1,30	1,15	1,00	0,85	0,70	0,55	0,45	0,40	0,35	0,25					
2000	3,55	2,85	2,40	2,00	1,65	1,45	1,30	1,15	1,00	0,85	0,70	0,55	0,45	0,35	0,30					
2500	4,05	3,45	2,65	2,20	1,75	1,60	1,45	1,25	1,10	0,95	0,80	0,65	0,55	0,45	0,35					
3000	4,95	3,75	3,00	2,35	1,90	1,75	1,55	1,35	1,20	1,05	0,90	0,75	0,65	0,50	0,40					
4000	6,25	4,85	3,55	2,65	2,00	1,85	1,70	1,55	1,40	1,25	1,10	0,90	0,75	0,60	0,50					
5000	7,55	5,80	4,05	3,00	2,30	2,30	2,10	1,90	1,70	1,45	1,25	1,05	0,90	0,75	0,60					

TABELLA 1 - Flusso termico critico (MW/m^2) per acqua in cambiamento di fase fluente in tubi circolari per un diametro interno di 8 mm [3].

Per d $\neq$ 8 mm: $q_{cr} = q_{cr,\,8}\ (8/d)^{0,5}$

tazioni del trasporto circonferenziale del liquido [12].

Per quanto riguarda geometrie più complesse (e in particolare fasci di barre di reattori ad acqua) si rimanda alle referenze [13], [14] e [15], evidenziando soltanto l'impossibilità fino ad oggi di modelli analitici generali; data la grande complessità la tendenza degli ultimi anni da parte dei costruttori è stata di condurre esperimenti in piena scala restringendo i parametri a quelli operativi e ricavandone correlazioni semiempiriche il cui campo di validità è molto ristretto [16], [17].

Anche nell'ambito della geometria tubolare, il fenomeno della crisi è stato poco studiato nel caso di presenza di tubi inclinati e di curve, e per tubi « rigati ».

Il flusso critico nei tubi inclinati [18] è notevolmente minore che nei tubi verticali a titolo costante, a causa della stratificazione delle due fasi o dell'assottigliamento dello strato liquido nella parte superiore del tubo, tanto maggiore quanto più è inclinato il tubo rispetto alla verticale.

Nel caso delle curve si può citare la referenza [19]: per curve a U si nota, a causa della spinta centrifuga che riceve il liquido, un asciugamento del tubo anticipato sulla parete interna della curva.

Per quanto riguarda l'uso dei tubi *rigati* nelle caldaie ad attraversamento forzato (nelle quali il fluido dalle condizioni sottoraffreddate di ingresso passa al vapore surriscaldato all'uscita) la *rigatura* delle superfici interne dei tubi ha lo scopo proprio di aumentare il flusso termico critico, ovvero aumentare considerevolmente il titolo al quale avviene la crisi termica.

Le rigature studiate sperimentalmente sono di differenti tipi: tra le altre quelle a elica a più principi con vari passi, quelle a eliche incrociate, quelle del cosiddetto *ribbed tube* usato nelle caldaie Babcok e Wilcox [20], [21], [22]. Gli studi fatti non hanno permesso di ricavare alcuna formulazione analitica ma forniscono per certi valori dei parametri i miglioramenti dal punto di vista della crisi termica. Dettagli sulla crisi termica nei tubi *rigati* vengono dati nel paragrafo successivo.

2. Meccanismi di crisi termica e correlazioni

Da quanto detto precedentemente appare che, malgrado il gran lavoro fatto sull'argomento, il fenomeno della crisi non è ancora completamente compreso.

Si suole dividere il fenomeno nei due casi di *crisi sottoraffreddata e a basso titolo* e *crisi ad alto titolo con moto anulare.*

a) *Crisi sottoraffreddata e a basso titolo*

Per questo tipo sono stati postulati vari meccanismi, di cui i più comuni sono:

a1) Una crescita tumultuosa delle bolle sulla parete forma uno strato limite di bolle così spesso da impedire al liquido di toccare la parete. Ci sono però varie ipotesi su cosa accada effettivamente vicino alla parete [23], [24]; e sicuramente la crisi dipende dalla distribuzione del flusso termico.

a2) Il flusso termico sufficientemente alto provoca un surriscaldamento locale per evaporazione del « microstrato » sotto la bolla di vapore che cresce, per cui la temperatura della macchia asciutta sale fino a valori che impediscono il ribagnamento della parete, e la macchia si allarga fino alla crisi [25].

In questo caso è stato dimostrato che il flusso di crisi dipende solo dall'entalpia locale e non dalla *storia* precedente.

a3) La crisi può essere spesso associata con la formazione di tappi di vapore, al di sotto dei quali una bolla crescendo occupa il micro-strato tra tappo e parete riscaldante [26]; ad alte pressioni questo meccanismo è poco probabile.

Semeria e Hewitt [27], hanno tracciato una mappa, con un tentativo di individuare i meccanismi che provocano la crisi in funzione del titolo e della portata areica.

La transizione alla *crisi con moto anulare* avviene a titoli più alti al crescere della pressione, a causa della più alta densità del vapore.

b) *Crisi ad alto titolo con moto anulare*

Questo tipo di crisi termica si verifica quando il regime di moto è di tipo anulare con film liquido alla parete, che, asciugandosi (o separandosi dalla parete), provoca il deterioramento nello scambio termico.

Sono state fatte molte misure della portata del film liquido alla parete in funzione del titolo [28], e si può ragionevolmente affermare che la crisi termica si ha quando la portata del film scende localmente e dolcemente a zero, come risultato della evaporazione del liquido e del trascinamento di gocce da parte del core di vapore, che prevalgono sulla deposizione di gocce sulla parete.

Sebbene il meccanismo di crisi nel moto anulare sia abbastanza noto, occorre fare chiarezza su alcuni dettagli e in particolare sull'effetto del flusso termico sul trascinamento di gocce.

2.1. Correlazioni di crisi termica

Esistono un gran numero di correlazioni di crisi termica ma come già detto la quasi totalità di esse è stata ricavata interpolando dati sperimentali ricavati in particolari condizioni operative.

I due principali modi di correlare i dati sono:

a) *Flusso termico - titolo critico*

È la forma tradizionale, usata per esempio nelle correlazioni di Macbeth [29], Bowring [2],

Becker [30], Bailey [31], Peskov [32], Kon'kov [33]; per le geometrie a fasci di barre dei reattori nucleari è usata la W - 3 [16] applicata dalla Westinghouse ai fasci di barre 17 x 17 dei reattori ad acqua pressurizzata e la correlazione di Hench-Levy [34], usata fino al 1973 dalla General Electric per i fasci di barre 8 x 8 dei reattori ad acqua bollente.

Il limite principale di queste correlazioni discende dal fatto che non dipendono dalla distribuzione del flusso termico, che come si è detto, ha un peso consistente sul fenomeno.

Per ovviare a questo limite si possono utilizzare dei fattori correttivi (per esempio il fattore F di Tong [16]), che però mancano di generalità.

b) *Titolo - lunghezza bollente*

Usando questo tipo di correlazione i dati per flusso termico non uniforme tendono a disporsi sulla stessa linea.

Si ricordano la correlazione del CISE [35] e la correlazione GEXL [17] applicata attualmente dalla General-Electric Company ai fasci di barre 8 x 8 dei reattori ad acqua bollente e quella di Hewitt-Kearsey [36].

Dal punto di vista della modellistica lo sforzo maggiore è stato fatto nel caso di moto anulare e in particolare ad Harwell [37], [38], con buoni risultati.

3. Crisi termica nei tubi rigati

Come accennato nei paragrafi precedenti un modo per aumentare lo scambio termico ma soprattutto per evitare o ritardare la crisi termica è di usare tubi con rigature, nervature, rugosità artificiali sulla parete interna o promotori di turbolenza lungo l'asse del canale (per esempio nastri ad elica).

La Babcock e Wilcox [18] ha per esempio valutato che ai fini della crisi risultati migliori si avevano con i tubi cosiddetti *ribbed*, cioè con nervature a elica a uno o più principi, del tipo illustrato nella fig. 1.

Fig. 1 - Tubo « ribbed » Babcock e Wilcox; diametro esterno 22,2 mm, diametro interno 10,4 mm, elica a un principio [22].

Più precisamente sono stati realizzati dalla Babcok e Wilcox per le caldaie a circolazione naturale per tubi di circa 400 mm di diametro interno, tubi *ribbed* a molti principi (per esempio 10) con passo dell'elica di circa 200 mm, e tubi *ribbed* a un sol principio col passo dell'elica di circa 9 mm per caldaie a circolazione forzata con tubi di circa 13 mm di diametro interno.

Analogamente in Unione Sovietica [39] sono stati studiati tra l'altro tubi di circa 10 mm di diametro interno con tre nervature ad elica, alte circa 1 mm e larghe 0,9 mm, e passo dell'elica di 100 e 200 mm.

Un'analisi comparativa di geometrie di questo tipo per tubi di diametro interno di circa 10 mm è stata effettuata in Giappone [21].

Nei lavori citati i parametri sono quelli di funzionamento dei generatori di vapore: pressioni da 140 a 210 kg/cm², portate areiche da 400 a 1500 kg/m² s, flussi termici da 40 a 120 W/cm².

La fig. 2 mostra di quanto il titolo critico (in ascisse) aumenta per il tubo *ribbed* rispetto al tu-

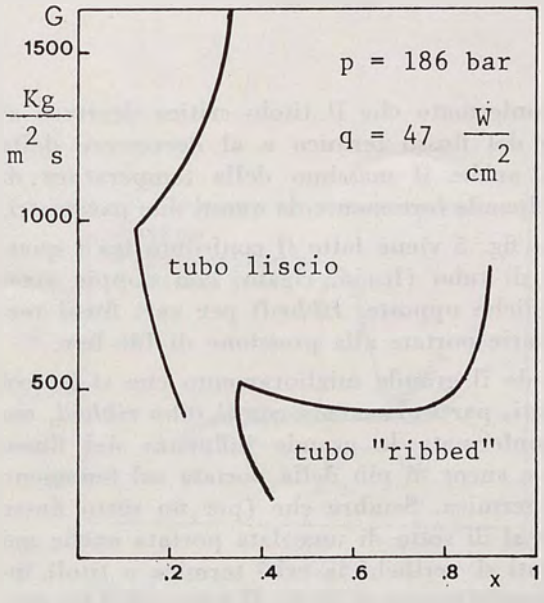


Fig. 2 - Confronto fra i titoli critici per tubi lisci e tubi « ribbed » (tubo verticale) [18].

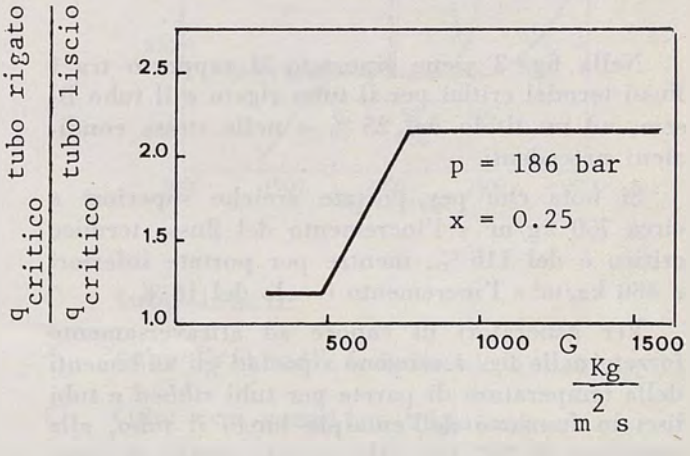


Fig. 3 - Confronto fra i flussi critici per tubi lisci e tubi « ribbed » (tubo verticale) [18].

bo liscio, in funzione della portata areica, per la geometria usata dalla Babcock e Wilcox nei generatori di vapore a circolazione naturale [18].

Si nota che ha molta importanza la portata areica: per valori superiori a circa 550 kg/m² s si ha un grande aumento del valore del titolo (fino a titoli di 0.85) a cui avviene la crisi termica, che diventa circa indipendente dalla portata.

Questo miglioramento si può spiegare con l'effetto di centrifugazione del liquido provocato dalla nervatura ad elica, che tende ad aumentare la deposizione di goccioline sulla parete, stabilizzando così il moto anulare (cioè il film liquido sulla parete) e rimandando (o eliminando) l'asciugamento della parete e quindi la crisi; nel bilancio tra trascinamento delle gocce e deposizione prevale il secondo fenomeno.

D'altra parte il titolo corrispondente alla transizione al moto anulare a 180 kg/cm² e per le portate usate è tra 21 e 36 % e gli autori fissano al 21 % questa transizione; dalla mappa dei regimi di moto ([5], pag. 15) nel caso di tubo rigato si è quindi, con grande probabilità, in condizioni di moto anulare e la spiegazione data è verosimile.

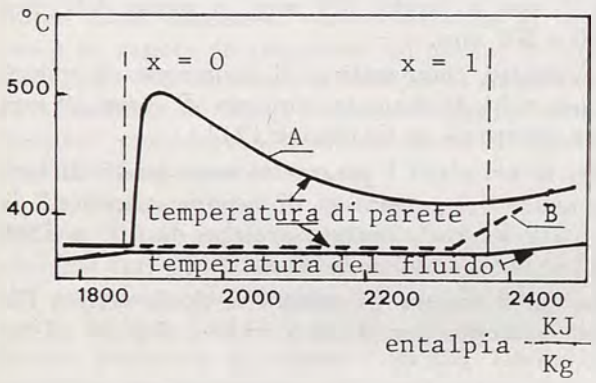
il 90 % per i tubi rigati, per i quali in pratica non si verifica la crisi termica.

In questo caso nei tubi lisci la crisi è senz'altro del tipo DNB e la nervatura all'interno dei tubi rigati inibisce la formazione di un *film boiling* stabile, accrescendo la turbolenza.

Uno studio sistematico per i tubi di questo tipo è stato compiuto nella referenza [21] dove viene fatto il confronto tra il tubo liscio e tre tipi di tubi a rigatura elicoidale, tra cui il tubo *ribbed* tipo Babcock e Wilcox, nel seguente intervallo di parametri:

pressione : 167, 186, 206 bar
flusso termico : 11.6 ÷ 105 W/cm²
portata areica : 380 ÷ 1270 kg/m² s

Nei tubi lisci, per questi valori dei parametri termoidraulici, gli autori ipotizzano, estrapolando dalla mappa di Baker [40], l'esistenza di un moto a bolle e ricavano dalla misura delle temperature di parete l'entalpia o il titolo alle quali si ha il passaggio dall'ebollizione nucleata al film di vapore stabile alla parete e quindi la crisi termica.



curva	tubo	p bar	G Kg/m² s	q W/cm²	diametro interno mm
A	liscio	207	949	49.5	10.36
B	rigato	207	949	49.5	10.44 (*)

(*) diametro minimo

Fig. 4 - Confronto fra i profili di temperatura in tubi lisci e « ribbed » [22].

Nella fig. 3 viene riportato il rapporto tra i flussi termici critici per il tubo rigato e il tubo liscio, ad un titolo del 25 % e nelle stesse condizioni precedenti.

Si nota che per portate areiche superiori a circa 750 kg/m² s l'incremento del flusso termico critico è del 116 %, mentre per portate inferiori a 480 kg/m² s l'incremento è solo del 16 %.

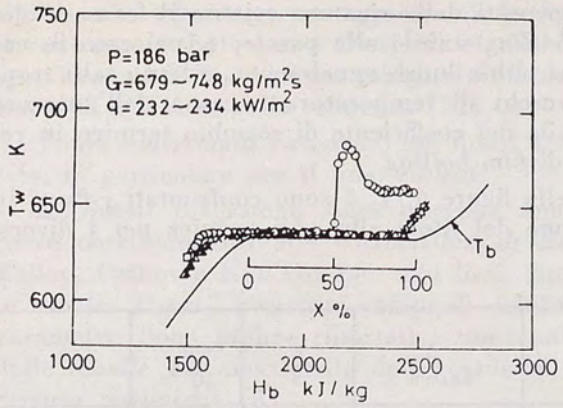
Per generatori di vapore ad attraversamento forzato nella fig. 4 vengono riportati gli andamenti della temperatura di parete per tubi *ribbed* e tubi lisci in funzione dell'entalpia lungo il tubo, alla pressione di 207 bar alla portata areica di circa 950 kg/m² s, per flussi termici dell'ordine di 50 W/cm².

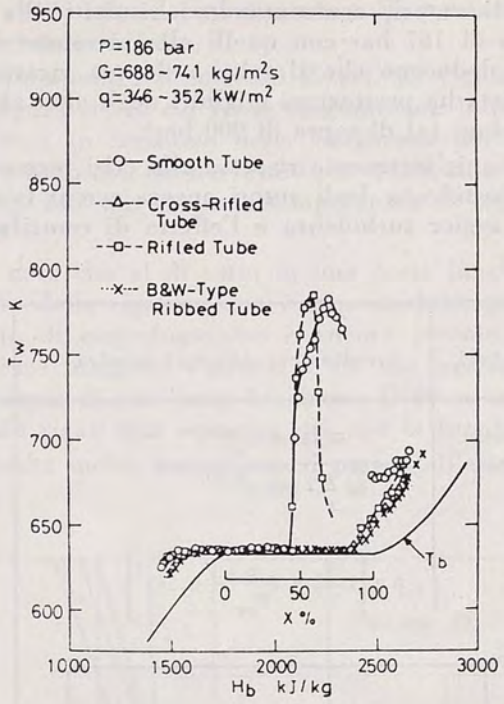
In queste condizioni si nota che il titolo critico passa da circa il 3 % nel caso dei tubi lisci a circa

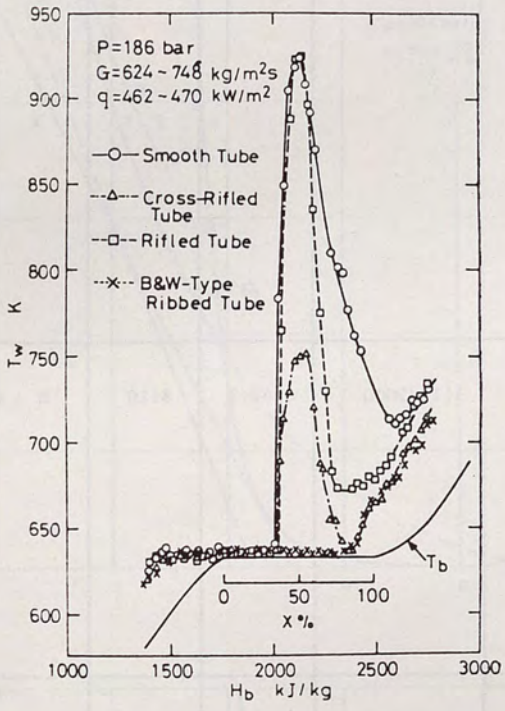
Viene confermato che il titolo critico decresce al crescere del flusso termico e al decrescere della portata; anche il massimo della temperatura di parete dipende fortemente da questi due parametri.

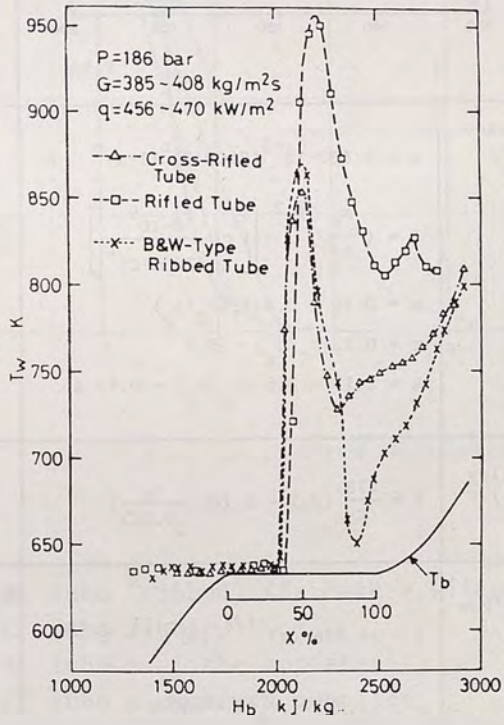
Nella fig. 5 viene fatto il confronto tra i quattro tipi di tubo (liscio, rigato, con doppia rigatura a eliche opposte, *ribbed*) per vari flussi termici e varie portate alla pressione di 186 bar.

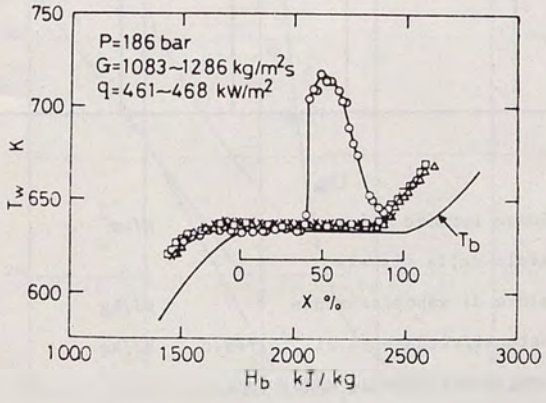
Si vede il grande miglioramento che si ha coi tubi rigati, particolarmente con il tubo *ribbed*, ma viene confermata la grande influenza del flusso termico e ancor di più della portata sul fenomeno di crisi termica. Sembra che (per un certo flusso termico) al di sotto di una data portata anche nei tubi rigati si verifichi la crisi termica a titoli inferiori sensibilmente al 50 %. Il tubo *rifled* ha prestazioni nettamente inferiori.











○ tubo liscio

× tubo "ribbed" (Babcock e Wilcox)

□ tubo con semplice rigatura

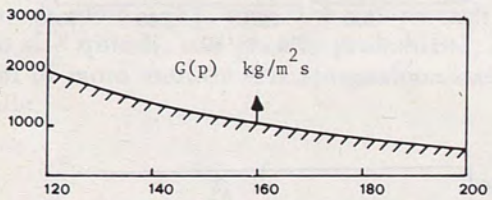
△ tubo con doppia rigatura a eliche opposte

Fig. 5 - Distribuzione della temperatura di parete alla pressione di 186 bar [21].

Gli autori, confrontando i risultati alla pressione di 167 bar con quelli alla pressione di 206 bar, deducono che il tubo a doppia rigatura incrociata ha prestazioni migliori degli altri alle alte pressioni (al di sopra di 200 bar).

Il miglioramento rispetto alla crisi termica viene giustificato dagli autori ancora con il fatto che la maggior turbolenza e l'effetto di centrifugazione provocati dalla rigatura evitano il formarsi del *film boiling* stabile alla parete, e, nel caso in cui la crisi abbia luogo ugualmente, evitano salti troppo bruschi di temperatura a causa dell'aumento sensibile del coefficiente di scambio termico in regime di *film boiling*.

Nelle figure 6, 7, 8 sono confrontati i flussi in funzione del titolo alla crisi termica per i diversi

Autori	. Correlazioni di crisi termica	q W/cm^2	p bar	G kg/m^2s	L m	d $10^{-3}m$	x
Becker /30/	$q = \frac{G(450 + \Delta i_s)}{40\frac{L}{d} + 156\, G^{0.45}} \cdot A$ $A = \left[1.02 - \left(\frac{p}{p_{cr}} - 0.54\right)^2\right]$ 		120÷200	G(p)÷7000	2÷8,5	8 ÷ 25	0 ÷ 0,6
Peskov /32/	$q = 4.652 \cdot 10^{-3}(3600\, G)^n(1-x)^n \cdot B$ $B = \left(\frac{\rho_f}{\rho_g}\right)^{2.2} \cdot \left[1 + \frac{8 \cdot 10^9}{(3600\, G)^k}\right]$ $n = 0.56 - 0.0189(\rho_f/\rho_g)$ $m = 0.7\,(\rho_f/\rho_g) - 0.4$ $k = 1.13 + 3.6\,(\rho_g/\rho_f) - 0.45\, x$		100÷200	1110÷5000	0.42÷2	8÷10	0 ÷ 0.4
Bailey /31/	$x = \frac{778}{r}\left(0.5 - 0.201\,\frac{q}{G^{0.575}}\right)$		138÷185	2000÷4400		9÷20	0.2 ÷0.4
Kon'kov /33/	$x = 14.936\,(q)^{-1/8} \cdot (G)^{-1/3} \cdot C$ $C = (d)^{-0.07} \cdot e^{-0.00795\, p}$	→120	98÷196	200÷5000		4÷32	

d	diametro del canale	m	q	flusso termico critico	W/cm^2
G	portata specifica	kg/m^2s	x	titolo della miscela	
L	lunghezza del canale	m	r	calore di vaporizzazione	kJ/kg
p	pressione	bar	Δ_{is}	sottoraffreddamento all'ingresso	kJ/kg
p_{cr}	pressione critica	bar	$\rho_{f,g}$	densità del liquido e del vapore	kg/m^3

TABELLA 2 - Correlazioni di crisi termica.

tipi di tubo a varie portate e pressioni. In figura 9 il confronto è fatto per i flussi critici ed i corrispondenti titoli riportati per tubi lisci e *ribbed* tipo Babcock e Wilcox nella referenza [22].

Viene confermato l'aumento del flusso e del titolo, in particolare per il tubo *ribbed*.

In questi diagrammi sono tracciate anche le curve corrispondenti alle correlazioni di Becker, Bailey, Peskov e Kon'kov per tubi lisci, riportate in tabella 2 con i rispettivi campi di validità dei parametri. Sono inoltre riportati i punti ottenuti dalle tabelle già menzionate dell'Accademia delle Scienze Sovietiche [3].

Si può notare come tali correlazioni non possono affatto applicarsi ai tubi rigati, non tenendo conto dell'effetto delle nervature sulla termoidraulica del moto bifase.

Dello studio dei sovietici di ref. [39] si riporta la figura 10, in cui viene diagrammata la potenza critica in funzione della lunghezza per tubo liscio e tubo con tre nervature elicoidali, alla pressione di 140 atm con una temperatura di ingresso di 320 °C.

Si nota che al di sotto di una certa lunghezza l'effetto della rigatura non è apprezzabile, perché l'effetto di centrifugazione è ancora piccolo; per lunghezze maggiori l'effetto è via via crescente e al di sopra di una certa lunghezza il flusso critico nei tubi rigati non aumenta più con la lunghezza.

Risulta molto importante il passo dell'elica: la

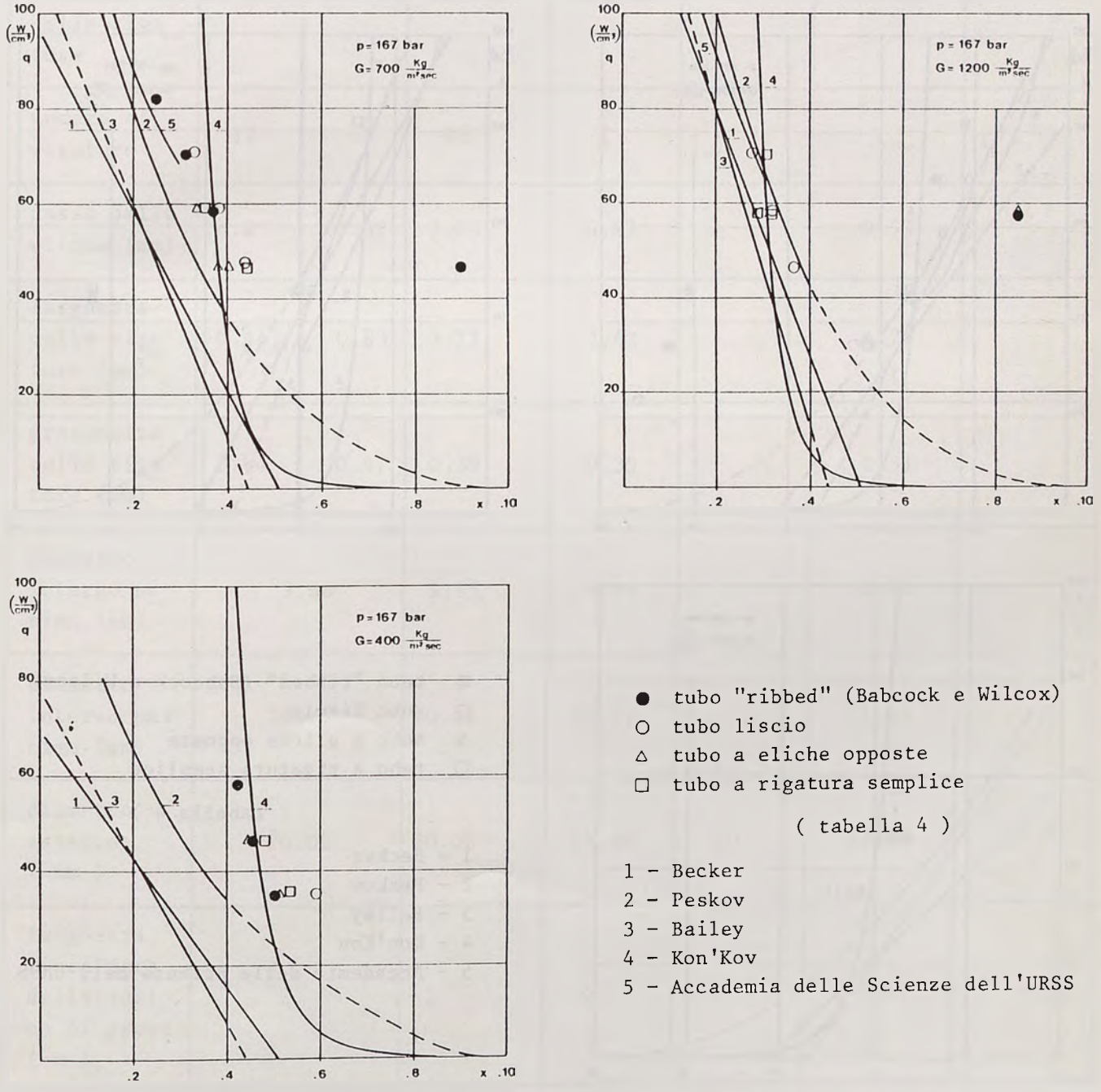


Fig. 6 - Flussi termici critici in funzione del titolo: confronto fra i valori sperimentali della referenza [21] e quelli calcolati (tabelle 1 e 2).

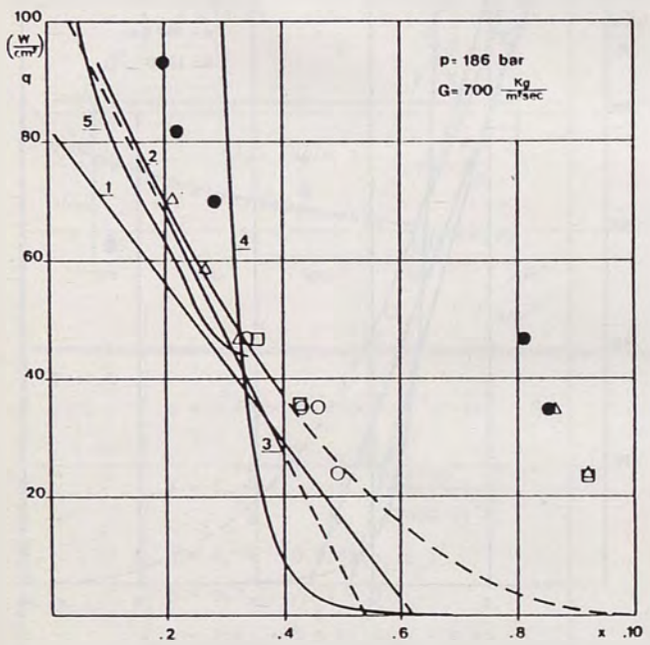
G $\frac{Kg}{m^2 s}$	$T_{ingresso}$ °C	x_{cr}	x_{out}	$\frac{x^{rib}_{cr}}{x^{sm}_{cr}}$	$\frac{x^{rib}_{out}}{x^{sm}_{out}}$	p bar
352	323	.675	,89	1,37	1.28	142
330	320	.924	.137			142
501	319	.518	,804	1,51	1.34	142
502	321	.784	1,075			142
688	321	.443	.7		1.43	142
702	321		1,0			142

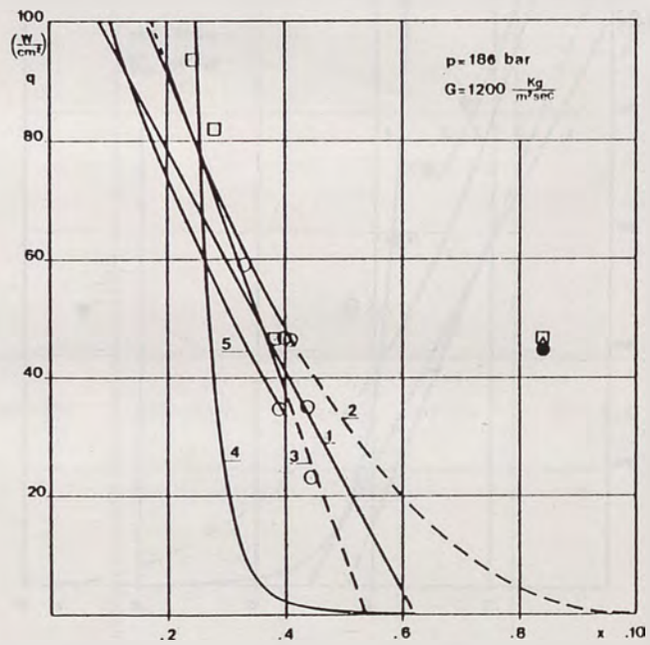
TABELLA 3 - Effetto delle rigature sul titolo critico x_{cr} e sul titolo in uscita x_{out} per una lunghezza di 5 m [20].

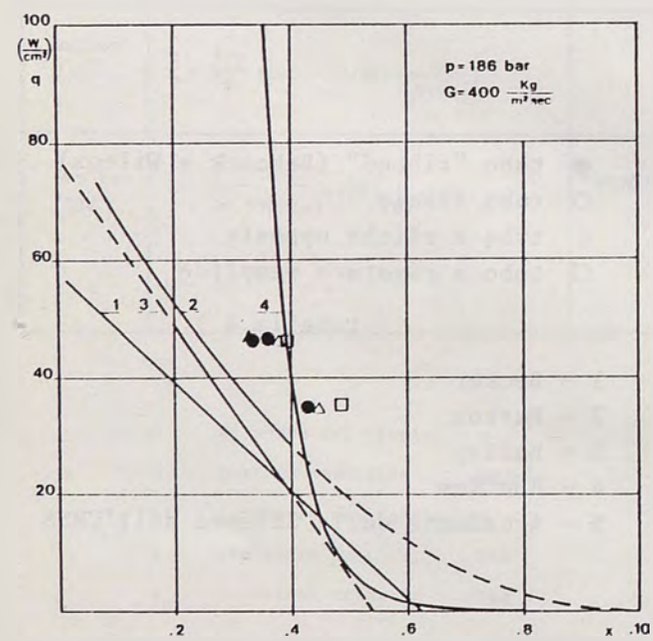
condizione più efficace si ha quando la rotazione indotta nel fluido dalla nervatura corrisponde esattamente all'inclinazione dell'elica (e quindi, fissato il diametro, al suo passo).

Esperimenti simili sono stati fatti da Grachev et al. [20]. Qui viene riportata la tabella n. 3 nella quale vengono confrontati il titolo alla crisi e il titolo all'uscita in tubi lisci e tubi *nervati*, lunghi 5 m, per varie portate specifiche ed una pressione di 140 kg/cm².

Si nota che l'efficacia delle nervature aumenta con la velocità e con la pressione; per portate di 700 kg/m² s e pressioni di 140 kg/cm² non si aveva crisi termica. Con l'uso di microtermocoppie si è inoltre visto che coi tubi rigati si raggiungeva l'equilibrio termodinamico (e quindi vapore surri-







● tubo "ribbed" (Babcock e Wilcox)
○ tubo liscio
△ tubo a eliche opposte
□ tubo a rigatura semplice

(tabella 4)

1 - Becker
2 - Peskov
3 - Bailey
4 - Kon'Kov
5 - Accademia delle Scienze dell'URSS

Fig. 7 - Flussi termici critici in funzione del titolo: confronto fra i valori sperimentali della referenza [21] e quelli calcolati (tabelle 1 e 2).

scaldato secco) molto prima (rispetto all'uscita del tubo) che nel caso di tubi lisci.

Nella referenza [39] vengono presi in considerazione anche tubi con alette trasversali interne prodotte tramite rullatura dall'esterno aventi altezza da 0,5 a 1,5 mm e passo tra 10 e 400 mm. A parità di altre condizioni il flusso critico aumenta con l'altezza dell'aletta e diminuisce con il suo passo. In questo caso c'è solo una maggiore turbolenza indotta e questo spiega il miglioramento rispetto alla crisi termica. Se si ragiona a parità di caduta di pressione e di temperatura di ingresso, il rapporto massimo tra i valori dei flussi critici nel tubo alettato e nel tubo liscio è circa 2, a una pressione di 140 kg/cm^2 e a una portata areica di 1500 kg/m^2 s.

tipo di tubo	rigato a eli che opposte		a rigatura semplice	"ribbed" B & W	liscio	"ribbed" B & W	liscio
Fig. 6 - 7 - 8						Fig. 9	
orientazione delle rigature	sinistra	destra	destra	destra		destra	
numero di rigature	12	12	12	1		1	
passo delle eliche (mm)	6,89	7.32	7.25	6.43		9.53	
larghezza delle rigature (mm)	0.44	0,83	3,71	2.42		4.77	
profondità delle rigature (mm)	0.64	0.47	0.39	0.39		0.51	
diametro interno minimo (mm)	9.66		9.45	9.99	10	10.44	10.36
diametro interno massimo (mm)	10.75		10.22	10.77		11.46	
diametro esterno (mm)	20.02		20.06	19.98	20	22.23	12.7
lunghezza riscaldata della sezione di prova (m)	2		2	2	2	1.83	1.83

Tabella 4 - Dati geometrici dei tubi [21] e [22].

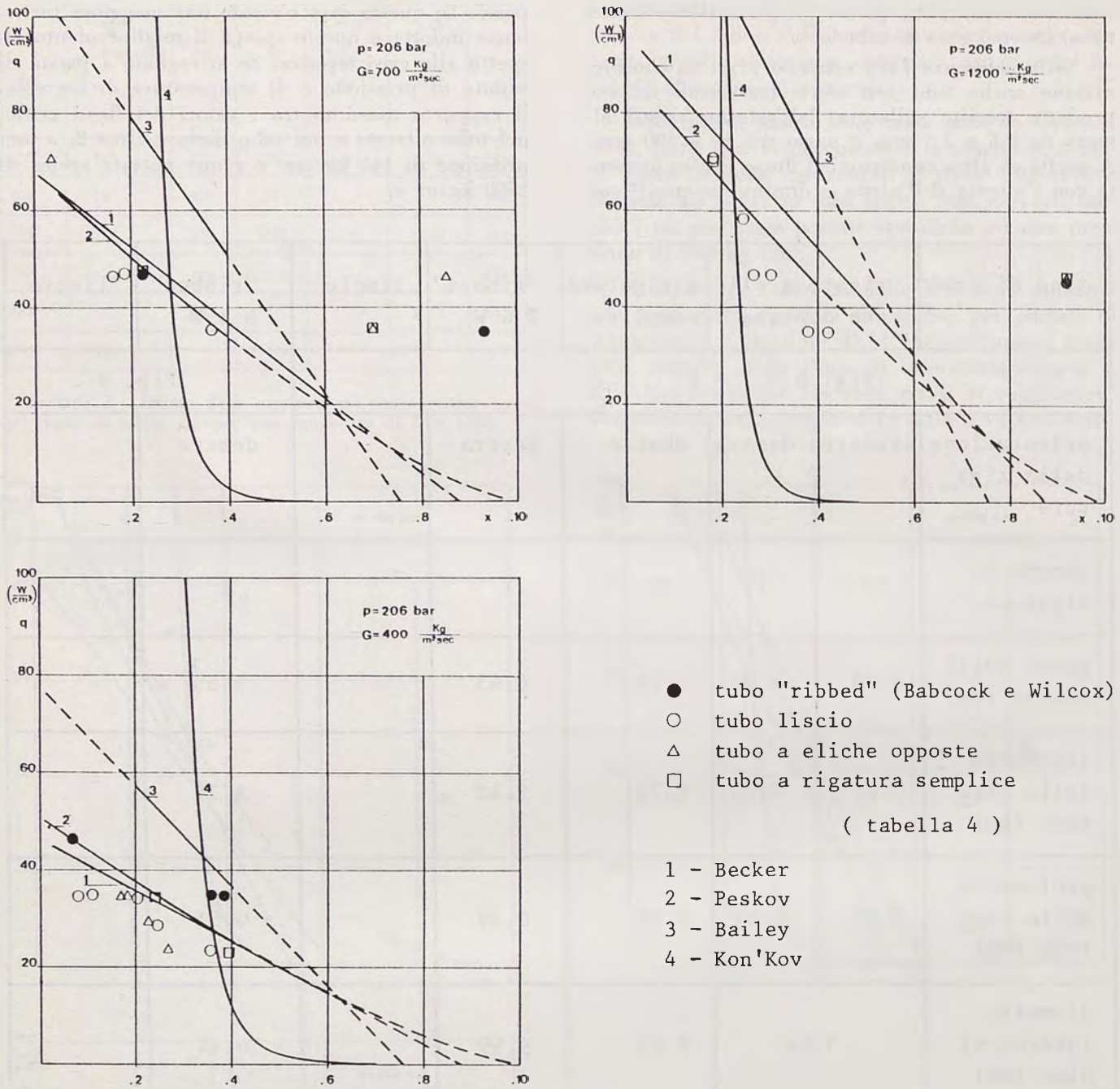


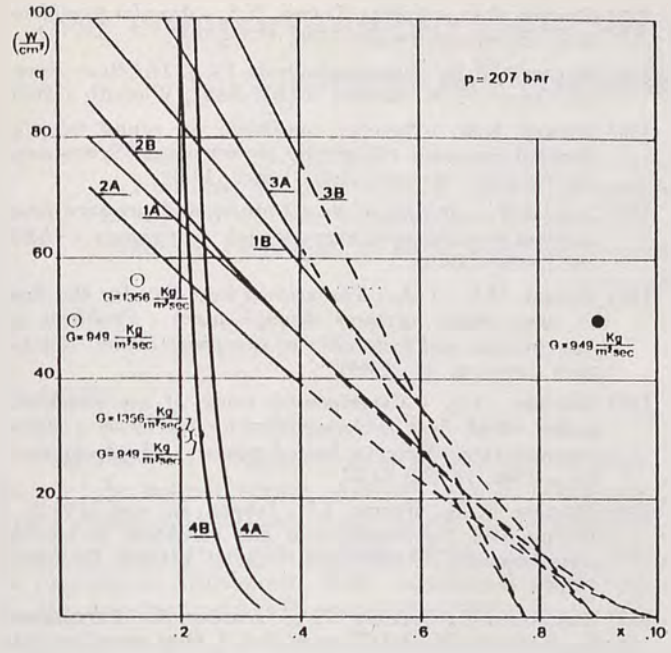
Fig. 8 - Flussi termici critici in funzione del titolo: confronto fra i valori sperimentali della referenza [21] e quelli calcolati (tabella 2).

Conclusioni

Dall'analisi precedente emerge che, malgrado gli sforzi sperimentali fatti per far luce sulla crisi termica dei generatori di vapore, si è ancora lontani da una piena comprensione del fenomeno, che permetta di formulare delle correlazioni analitiche aventi validità generale. Nel caso dei tubi rigati non esistono correlazioni nemmeno in campi ristretti dei parametri operativi; sembra quindi fondamentale concentrare gli sforzi sul tipo di moto che si ha nelle varie condizioni di funzionamento, almeno per qualche tipo di tubo (per es. quello largamente usato della Babcock e Wilcox).

Dal punto di vista operativo, per i tubi rigati si può affermare che per pressioni vicine ai 200 kg/cm², per portate sufficientemente elevate (maggiori di 700÷800 kg/m² s) e flussi termici non troppo elevati, dell'ordine cioè di quelli esistenti nella caldaia (50÷70 W/cm²), la crisi termica praticamente non si verifica. Ciò non è più vero se si opera in condizioni diverse da quelle nominali, per esempio a carico e portata ridotti; in questo caso si ha carenza di informazioni anche solo empiriche.

Non si dimentichi inoltre che durante il funzionamento i tubi *ribbed* tendono a *sporcarsi* più di quelli lisci; in tal caso l'effetto positivo della rigatura diminuisce e può scomparire (vengono perciò effettuati periodicamente lavaggi acidi).



A: G = 949 Kg/m^{2}s

B: G = 1356 Kg/m^{2}s

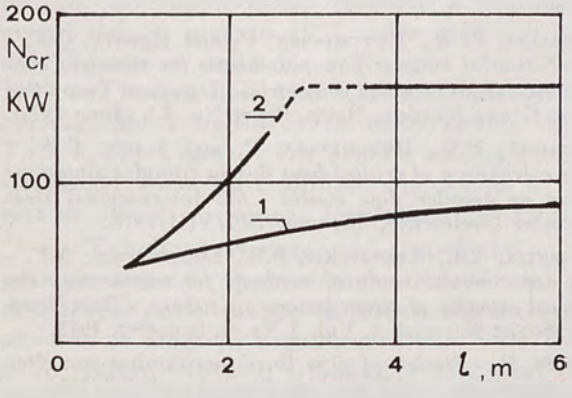
● tubo "ribbed" (Babcock e Wilcox)

○ tubo liscio

(tabella 4)

1 - Becker
2 - Peskov
3 - Bailey
4 - Kon'Kov

Fig. 9 - Flusso termico critico in funzione del titolo: confronto fra i valori sperimentali della referenza [22] e quelli calcolati (tabella 2).



1) tubo liscio

2) tubo rigato con elica a tre principi; altezza della rigatura = 1,2 mm, passo dell'elica = 200 mm

Fig. 10 - Variazione della potenza di crisi termica per tubi con diametro interno di 10.8 mm in funzione della lunghezza riscaldata; p = 142 bar, G = 1516 kg/m² s), temperatura di ingresso = 20 °C [39].

BIBLIOGRAFIA

[1] Hewitt, G.F. and Roberts, D.N. - *Studies of two-phase flow patterns by simultaneous X-ray and flash photography* - AERE-M 2159. H.M.S.O. (1969).

[2] Bowring, R.W. - *A simple but accurate round tube, uniform heat flux, dryout correlation over the pressure range 0.7-17MN/m² (100-2500 psia)* - UKAEA Report No. AEEW-R789 (1972).

[3] *Tabular data for calculating burnout when boiling water in uniformely heated round tubes* - Teploenergetika, (1976) 23 (9) 90-92.

[4] Campolunghi F., Cumo M., Ferrari G., Leo R., Vaccaro G. - *Burn-out power in once-through tubular steam generators* - Fifth International Heat Transfer Conference Tokyo, 3-7/IX/1974.

[5] Collier, J.G. - *Convective boiling and condensation* - Mc Graw-Hill Book Company (UK) (1972).

[6] Keeys, R.K.F., Ralph, J.C. and Roberts, D.N. - *Post burnout heat transfer in high pressure steam-water mixtures in a tube with cosine heat flux distribution* - (1972) UKAEA Report No, AERE-R-6411, (1971), Published in Progress in Heat and Mass Transfer, Vol. 6 pp. 99-118.

[7] Peskov, O.L., Remizov, O.V. and *Sudnitsyn*, O.A. - *Some feature of heat transfer burnout in tubes with non-uniform axial heat flux distribution* - 6th International Heat Transfer Conference, Toronto, 7-11/VIII/1978.

[8] Doroschuk, V.E., Levitan, L.L., Lantzman, E.P., Nigmatulin, R.I. and Borevsky, L. Ya. - *Investigations into burnout mechanism in steam-generating tubes* - 6th International Heat Transfer Conference, Toronto, 7-11/VIII/1978.

[9] Groeneveld, D.C. - *The effect of short flux spikes on the dryout power* - AECL Report No. AECL 4927 (1975).

[10] Alekseev, G.V. et al. - *Burnout heat fluxes under forced flow* - Paper presented by USSR at the Third Int. Conf. on Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, Aug. (1964), A/CONF. 28/P/327a.

[11] Lee, D.H. - *Burnout in a channel with non-uniform circumferential heat flux* - AEEW-R 477 (1966).

[12] Chojnowski, B. and Wilson, P.W. - *Critical heat flux for large diameter steam generating tubes with circumferentially variable and uniform heating* - Heat Transfer, 1974, Vol. 4, Scripta Book Co. pp. 260-264 (1974).

[13] Marinelli V. - *Critical Heat Flux: A review of recent publications* - Nuclear Technology, 34 (2), July 1977.

[14] Tong, L.S., Weisman, J. - *Thermal analysis of pressurized water reactors* - American Nuclear Society (1970).

[15] Lahey, R.T., Moody, F.J. - *The thermal-hydraulics of a boiling water nuclear reactor* - American Nuclear Society (1977).

[16] Tong, L.S. - *Prediction of departure from nucleate boiling for an axially non-uniform heat flux distribution* - J. Nucl. Energy, 6, 21 (1967).

[17] *General Electric BWR Thermal Analysis Basis (GETAB): Data, Correlation and design application* - NEDO - 10958, General Electric Company (1973).

[18] Watson, G.B., Lee, R.A., Wiener, M. - *Critical heat flux in inclined and vertical smooth and ribbed tubes* - 5th International Heat Transfer Conference, Tokio 3-7/IX/1974.

[19] Bailey, N.A. - *Dryout and post dryout heat transfer at low flow in a single tube test section* - UKAEA Report No. AEEW-R1068 (1977).

[20] Grachev, N.S., Kirillov, P.L., Prokhorova, V.A. - *Heat exchange in a steam-generating pipe with internal ribbing* - « High Temperature », Vol. 14, No. 6, XI-XII (1976).

[21] Nishikawa, K., Yoshida, S., Ohno, M., Ohishi, K. - *Flow boiling crisis in grooved boiler-tubes* - 5th International Heat Transfer Conference, Tokyo, 3-7/IX/1974.

[22] Swenson, H.S., Carver, J.R., Szoeke, G. - *The effects of nucleate boiling versus film boiling on heat transfer in power boiling tubes* - « Journal of Engineering for Power », October 1962.

[23] Tong, L.S. and Hevitt, G.F. - *Overall viewpoint of film boiling CHF mechanism* - ASME Paper No. 72-HP-54 (1972).

[24] Tong, L.S. - *Boundary layer analysis of the flow boiling crisis* « Int. J. Heat Mass Transfer », Vol. II, No. 7, pp. 1208-1211, July 1968.

[25] Kirby, G.J., Staniforth, R. and Kinneir, L. H. - *A visual study of forced convection boiling; part. 2. Flow patterns and burnout for a round test section* - UKAEA Report No. AEEW-R506 (1967).

[26] Fiori M.P. and Bergles, A.E. - *Model of critical heat flux in subcooled flow boiling* - 4th Int. Heat Transfer Conf. Paris, (1970), Vol. 6, Paper B 6.3.

[27] Hewitt G.F. - *Critical heat flux in flow boiling* - 6th International Heat Transfer Conference, Toronto, 7-11/VII/1978.

[28] Hewitt, G.F. and Hall Taylor, N.S. - *Annular two-phase flow* - Pergamon Press (1970).

[29] Macbeth, R.V. - *Burnout analysis, Pt. 2, The Basic Burnout Curve* - U.K. Report, AEEW-R167, Winfrith (1963).

[30] Becker, K.M. - *Burnout conditions for round tubes at elevated pressures* - Paper 1-9. International Symposium on two-phase systems, Haifa Israel (1971).

[31] Lee, D.H. - *Studies of heat transfer and pressure drop relevant to subcritical once-through evaporators* - IAEA SM-130/56 (1970).

[32] Peskov, O.L. et al. - *The critical heat flux for the flow of steam water mixtures through pipes - Problems of heat transfer and hydraulics of two-phase media* - Pergamon Press, p. 48 (1969).

[33] Kon'kov, A.S. - *Experimental study of the conditons under which heat exchange deteriorates when a steam water mixture flows in heated tubes* - « Teploenergetika », 1966, 13 (12) 53-57.

[34] Healzer, J. M., Hench, J.E., Jansen, E., and Levy S. - *Design basis for critical heat flux condition in boiling water reactors* - APED-5286, General Electric Company (1966).

[35] Bertoletti S., Gaspari G.P., Lombardi C., Peterlongo G., Silvestri M. and Tacconi F.A. - *Heat transfer crisis with steam water mixtures* - « Energ. Nucl. », 12, 3 (1975).

[36] Hevitt, G.F. and Kearsey, H.A. - *The correlation of critical heat flux for the vertical flow of water in uniformly heated tubes, annuli and rod bundles* - AERE-R 5590 (1969).

[37] Whalley, P. B., Hutchinson, P. and Hewitt, G.F. - *Prediction of annular flow parameters for transient conditions and for complex geometries* - European Two-phase Flow Group Meeting, Haifa, Paper No. 2.1 (June 1975).

[38] Whalley, P.B., Hutchinson, P. and James, P.W. - *The calculation of critical heat flux in complex situations using an annular flow model* - 6th International Heat Transfer Conference, Toronto, 7-11/VIII/1978.

[39] Subbotin, V.I., Kaznovskiy, S.P., Sapankevick, A.P. - *An experimental study of methods for augmenting the critical capacity of steam generating tubes* - « Heat Transfer-Soviet Research », Vol. 7 No. 5, Sept-Oct. 1975.

[40] Baker, O. - *Design of pipe lines for simultaneous flow of oil and gas* - « Oil and Gas Journal », 26/VI/1954.

Sul comportamento delle infrastrutture stradali in ambiente alpino nel corso di eventi alluvionali

VIRGILIO ANSELMO (*) *esamina il comportamento delle infrastrutture stradali (ponti e tombini) in occasione di eventi idrometeorologici. In base alla documentazione raccolta, a seguito di recenti alluvioni in Piemonte, si fanno considerazioni in merito al diverso grado di efficienza di varie tipologie strutturali con particolare riferimento all'inserimento in ambiente alpino.*

Premessa

Nel corso di recenti eventi alluvionali in Piemonte, le infrastrutture stradali hanno riportato gravi danni. Il collasso delle opere di attraversamento è apparso riconducibile, quasi ovunque, alle imponenti alterazioni delle condizioni di deflusso sia per l'apporto di materiali solidi, lapidei e vegetali, sia per l'erosione del fondo e delle sponde dell'alveo.

Riprendendo l'argomento di una breve nota [1] si espongono alcune considerazioni con riferimento alla documentazione raccolta a seguito degli eventi del 19 maggio 1977 nelle valli del Pellice, del Chisone e della Dora Riparia, del 6 ottobre 1977 nei bacini dell'Alto Alessandrino fra Orba e Scrivia, del 7 agosto 1978 nelle media valle del Toce e Val Vigezzo. Gli aspetti idrologici di questi eventi sono stati studiati mettendo in rilievo casi di afflussi e deflussi localmente notevoli.

La Tabella 1 riporta una sintesi dei valori di precipitazione e, per alcune stazioni, del tempo di ritorno delle piogge di breve durata calcolato secondo le leggi di regolarizzazione delle frequenze di Galton-Gibrat o Gumbel. I dati sono stati ricavati dalla lettura delle schede e dei diagrammi consultati presso l'Ufficio Idrografico del Po ed hanno carattere non ufficiale in attesa che vengano pubblicati dal Servizio Idrografico del Ministero Lavori Pubblici. Si osservi che, accanto a valori modestissimi del tempo di ritorno, figurano alcuni casi con ricorrenza ultrasecolare. Occorre tener presente che i campioni esaminati sono costituiti da un numero limitato di anni variante da 15 (Luserna S. G.) a 37 (Lavagnina C.le) con massima frequenza intorno a 20-25 anni. Purtroppo, la distribuzione delle stazioni pluviografiche non ha permesso di raccogliere dati nelle aree dove si verificarono, a giudicare dagli effetti, le massime intensità di precipitazione.

La figura 1 presenta la sintesi delle portate unitarie, presumibilmente verificatesi al colmo, valutate secondo metodi indiretti [2] in alcuni corsi d'acqua delle aree studiate. Si osservi che i contributi riscontrati nei torrenti Lemme e Stura di Ovada nell'evento del 6 ottobre 1977 sono molto elevati e confrontabili con quelli valutati a seguito dei nubifragi del 13 agosto 1935 nel bacino dell'Orba [3] e del 2/11/1968 nei corsi d'acqua del Biellese [4]. Non è possibile avere indicazioni sul tempo di ritorno delle portate in fig. 1 perché tali corsi d'acqua non sono mai stati oggetto di regolari misure idrometriche.

Sulla stessa figura, i valori stimati possono essere confrontati con gli andamenti di tre relazioni per la valutazione delle piene estreme (q m^3/s km^2) in funzione dell'area del bacino (S km^2):

$$a)\quad q = 6 \cdot \frac{500}{S + 125} + 5$$

$$b)\quad q = \frac{1500}{S + 40} + 3$$

$$c)\quad q = \frac{42}{\sqrt{S}}$$

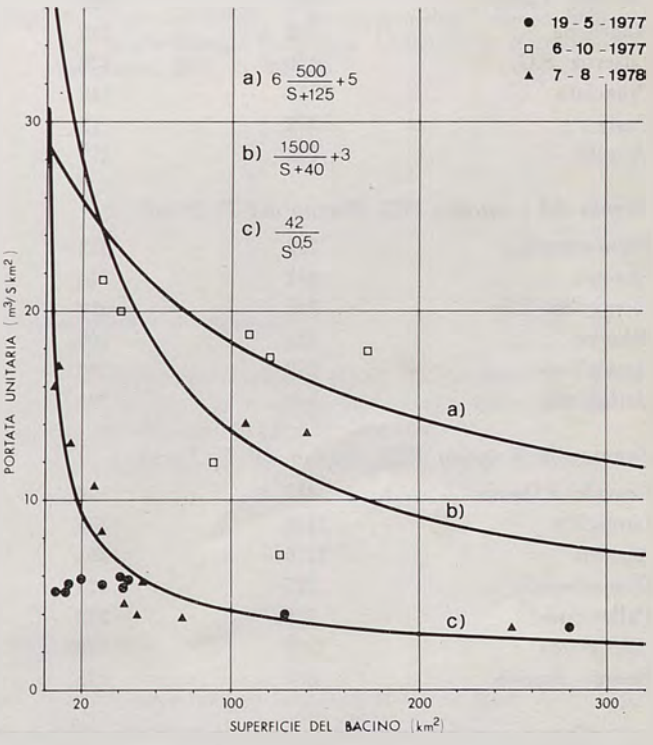


Fig. 1 - Portate unitarie in funzione della superficie del bacino valutate a seguito degli eventi del 19 maggio 1977 (Pellice e Germanasca), del 6 ottobre 1977 (Orba e affluenti), del 7 agosto 1978 (Toce e affluenti).

(*) Ingegnere, Laboratorio di ricerca per la protezione idrogeologica nel bacino padano, Consiglio Nazionale delle Ricerche.

fornite rispettivamente da De Marchi [5], da Tournon [4] e dal Service Fédéral des Routes et des Digues [6]. Le due espressioni *a*) e *b*) alla luce dei più recenti fenomeni alluvionali in Piemonte, sembrano delimitare superiormente i massimi contributi di piena, con tempo di ritorno superiori al secolo, in bacini fino a oltre 100 km^2.

I tre eventi considerati sono stati caratterizzati da franamenti sui versanti particolarmente estesi nelle aree collinari dell'Ovadese. In ambiente alpino, fenomeni impressionanti di trasporto solido si verificarono in alcuni alvei minori attivati sia dai materiali franati dalle sponde sia dalla mobilitazione dei depositi alluvionali in alveo. Tali fenomeni, noti coi termini di *mud-flow*, *debris torrents*, *lave torrentizie*, sono la causa principale dei danni alle infrastrutture nelle vallate montane. Essi formano sbarramenti negli alvei il cui successivo sfondamento, per la pressione dell'acqua, può dare luogo a punte di piena di entità elevatissima. La dinamica della loro formazione è assai poco nota a causa delle difficoltà di ottenere dati sperimentali quantitativi. A seguito di contributi essenzialmente sovietici, risulterebbe che l'aggiunta di materiali lapidei sciolti alla portata liquida (*mud-flow*) possa provocare sensibili incrementi della portata al colmo [7].

L'esperienza statunitense ha condotto a costruire, nelle aree fortemente urbanizzate intorno a Los Angeles, veri e propri bacini di sedimentazione allo sbocco dei torrenti nelle valli principali. Tali bacini devono essere periodicamente svuotati [8].

Siccome in un corso d'acqua naturale, non regolato da invasi, le grandi variazioni di portata liquida e solida in occasione di eventi di piena sono accompagnate da ingenti quantità di legname, spesso d'alto fusto, si comprende come le condizioni di progetto di un'opera di attraversamento possano essere profondamente alterate.

Considerazioni generali

I tracciati stradali di fondovalle spesso rappresentano una sensibile riduzione dello spazio disponibile per il corso d'acqua che, durante le piene,

TABELLA 1

Stazione	Quota (m)	Precipitazione giornaliera (mm)	Anni di osservazione (pluviografo)	Precipitazioni orarie P (mm) e tempo di ritorno Tr (anni)			
				$P_{1\ ora}$	Tr	$P_{3\ ore}$	Tr
Evento del 19 maggio 1977 (bacino del T. Pellice)							
Bobbio Pellice	732	225					
Prà del Torno	980	205	—	34	—	75.6	—
Angrogna	782	168					
Luserna S.G.	476	129	15	20	<10	50.6	<10
Pragelato	1524	138					
Praly	1372	72					
Perrero	832	171					
Evento del 6 ottobre 1977 (bacino del T. Orba)							
Piancastagna	732	432	20	82	>100	182	>100
Lavezze	652	224	24	49	<10	97	10
Lavagnina C.le	245	320	37	50	<10	108	16
Masone	433	306	25	76	60	145	57
Rossiglione	270	340					
Ortiglieto	300	393	22	53	10	133	23
Evento del 7 agosto 1978 (bacino del F. Toce)							
Crevola d'Ossola	337	190					
Larecchio	2126	230	—	58	—	134	—
Agarina	1226	265					
Domodossola	227	223	36	50	47	138	>100
Pallanzeno	228	213					
Macugnaga	1200	100					
Bannio Anzino	687	235					

N.B. - Si osservi che, secondo la convenzione stabilita dal Servizio Idrografico Italiano, per *precipitazione di un giorno* si intende la quantità d'acqua misurata alle ore 9.00 e caduta nelle 24 ore precedenti. La precipitazione di un giorno non deve essere confuso con la *precipitazione di 24 ore* corrispondente alla quantità caduta nelle 24 ore di massima precipitazione.

erode rilevati e scalza muri di sostegno divenuti, in pratica, opere di contenimento longitudinali. La strada può essere danneggiata per lunghi tratti e le opere di ripristino, nelle vallate strette e profonde, possono essere di notevole onere. Il fondovalle, per quanto sembri ampio e modeste le dimensioni del torrente, può esser tutto occupato dal corso d'acqua durante eventi che rientrano nella normale dinamica fluviale anche se appaiono eccezionali alla scala spazio - temporale umana.

Le opere di attraversamento di maggiori dimensioni hanno dimostrato una casistica di danni diversa a seconda della ubicazione e della tipologia.

I ponti sui fondovalle principali sono spesso stati aggirati e abbattuti a causa dell'erosione delle sponde e del fondo e dalla spinta della corrente carica di tronchi. I ponti a travata hanno talora altezza sulle acque di piena insufficiente ad assicurare il deflusso. In generale è apparsa efficiente la tipologia del ponte ad arco a tutto sesto di cui restano numerosi esempi nelle valli alpine. Essi, impostati su speroni rocciosi e gettati attraverso strettoie delle valli, impongono tuttavia forti limitazioni alla scelta del tracciato stradale. In generale, soluzione valida è apparsa quella del ponte di grande luce sia ad arco sia a travata metallica.

Generale inefficienza hanno mostrato gli attraversamenti minori: ponticelli e tombini. Talora la luce è palesemente sottodimensionata rispetto alle caratteristiche del bacino a monte; in generale le modalità di esecuzione dei tombini (tubi di calcestruzzo) sono tali da rendere impossibile ogni operazione di pulizia e di ispezione.

Le raccomandazioni finali per gli interventi di ricostruzione in Biellese dopo l'alluvione del 2 novembre [4], trattando delle strade, invitavano ad evitare l'attraversamento degli impluvi minori con rilevati in terra muniti di elementi tubolari per il convogliamento delle acque. Nelle istruzioni preposte al volume sulle portate massime dei corsi d'acqua svizzeri [6], si invita a dimensionare i tombini in modo da permetterne la praticabilità per rendere possibile la pulizia periodica.

Tali raccomandazioni risultano generalmente ignorate. Le strade a mezza costa, durante le precipitazioni intense, funzionano come canali di gronda che raccolgono le acque ruscellanti le quali, all'uscita dai tombini, possono provocare danni al terrapieno o al muro di sostegno. L'entità dei danni è talora aumentata dalle conseguenze della carenza di manutenzione (i pozzetti, all'imbocco dei tombini e le cunette non servono a niente se non vengono mai puliti). Si deve segnalare, infine, che i criteri di dimensionamento degli attraversamenti minori non riescono a tener conto dei fenomeni di trasporto solido ricorrenti in ambiente alpino. In tali condizioni occorre accogliere l'eventualità della interruzione ricorrente della strada evitando opere accessorie la cui efficacia è illusoria, quanto costosa; nel caso degli attraversamenti dei corsi d'acqua maggiori occorrerebbe adottare coraggiosamente tipologie di ponte a grandi luci o addirittura a campata unica.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] V. Anselmo (1978), *Osservazioni sul grado di efficienza delle infrastrutture stradali durante le recenti alluvioni in Piemonte*, Atti del 14° Convegno Naz. sui Problemi della Montagna, Torino 3-4 ottobre 1978, 143-146.

[2] V. Anselmo (1976), *La portata di piena di un corso d'acqua dalle tracce dell'evento*, « Atti e Rassegna Tecnica », Soc. Ingegneri e Architetti in Torino, 86-90.

[3] S. Alfieri (1935), *Indagini idrologiche sul nubifragio dell'agosto 1935 sul bacino del Torrente Orba*, « Giornale del Genio Civile », 675-684.

[4] Italconsult (1969), *Studi preliminari agli interventi di ricostruzione e sistemazione delle zone alluvionate in provincia di Vercelli (evento del 2 novembre 1968)*, Roma.

[5] De Marchi (1937), *Sulla rottura della diga di Sella Zerbino (Molare)*, Ed. Pirola, Milano.

[6] Service Federal des Routes et des Digues (1974), *Les débits maximaux des cours d'eau suisses observées jusq'en 1969*, Berna.

[7] I. V. Bogolyubova (1966), *Determination of the levels at which the sensors of mudflow radio-warning devices should be installed*, « Soviet hydrology: selected papers », n. 1, 75-86.

[8] E. C. Ruby (1974), *Evaluation of an extensive sediment control effort in the Los Angeles River basin*, Review Report, Los Angeles River Flood Prevention Project.

[9] G. Mortara, D. Tropeano (1978), *Eventi di piena nei bacini dei rii Gerardo e Perilleux in Val di Susa (1972-73)*, « Boll. Assoc. Mineraria Subalpina », XV, n. 2, 303-324.

[10] V. Anselmo (1978), *L'evento idrologico del 19 maggio 1977 nei bacini del Pellice e Germanasca*, Atti XVI Conv. Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino, 25-27 settembre 1978, memoria B3.

[11] V. Anselmo (1978), *L'evento idrologico del 6 ottobre 1977 nei bacini del Torrente Orba e affluenti (Piemonte)*, Atti 69° Congresso Società Geologica Ital., Perugia, 2-6 ottobre 1978, 229-236.

[12] V. Anselmo (1979), *Il nubifragio del 7 agosto 1978 nel bacino del Toce*, « Bollettino Associazione Mineraria Subalpina », XVI, 2, 283-300.

Documentazione fotografica

Il materiale presentato proviene dall'archivio del Laboratorio di ricerca per la protezione idrogeologica nel bacino padano, via Vassalli Eandi, 18 - Torino.

Sviluppo e stampa dei fotogrammi sono di R. Coeli.

Ringraziamenti

Un doveroso cordiale ringraziamento al geom. U. Gregori dell'Ufficio Idrografico del Po - Sezione di Torino - per aver agevolato la raccolta e la lettura dei dati pluviografici.

Fig. 2

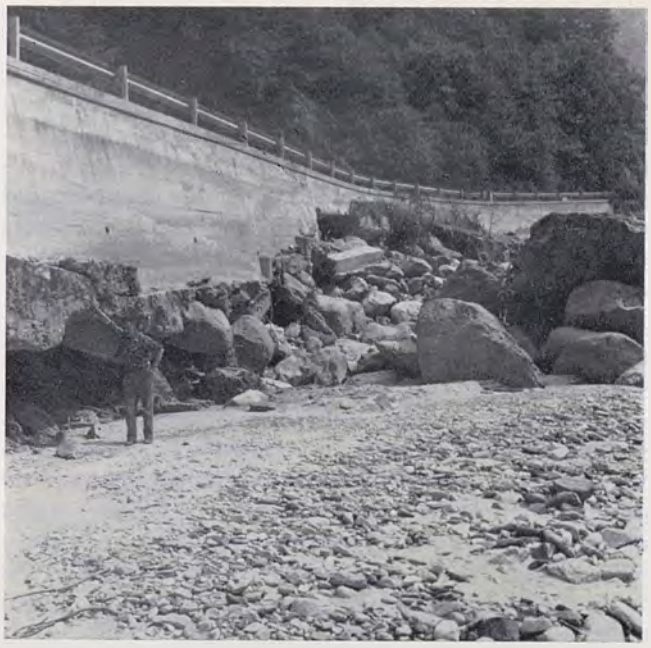


Fig. 4

Allo sbocco del Melezzo occidentale presso Masera (Fig. 2), le varianti di notevole entità apportate alla S.S. 337 per la Val Vigezzo non hanno migliorato le condizioni del deflusso delle acque di piena già costrette dal ponte ad arco ribassato (corda 17,50 m; altezza in chiave: 4,1 m; area utile per il deflusso: circa 55 m^2 con riferimento al fondo alveo del 23/8/1978). Il bacino sotteso è di 52,7 km^2. Durante la piena del 7 agosto 1978 il ponte è stato sormontato e il rilevato della strada in sponda destra (lato esterno della curva) è stato sormontato ed asportato a tratti (Fig. 3). Più a monte, dove la vallata è stretta, recenti muri di sostegno, fondati su alluvioni grossolane, sono stati sottoscavati a causa dell'erosione di fondo operata dalla corrente di piena (Fig. 4).

La Fig. 5 illustra uno dei tratti della strada Torre Pellice-Prà del Torno gravemente danneggiati dal Torrente Angrogna nel corso della piena del 19 maggio 1977.

Fig. 3

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 8

La piena del T. Isorno affluente di sinistra del Toce il 7 agosto 1978 ha rimaneggiato le alluvioni su tutta la larghezza del fondovalle. Il tratto illustrato in Fig. 6 sottende un bacino di 70 km^2 circa. Si osservi che l'Isorno propriamente detto (49 km^2) esce da una stretta gola in destra della valle all'altezza della freccia in Fig. 6; l'alveo in basso appartiene all'affluente Fenecchio (17 km^2) il cui contributo solido fu determinante nel provocare danni di estrema gravità: una centrale idroelettrica ubicata nel fondo valle fu completamente distrutta.

Il Melezzo orientale, nel corso dello stesso evento, ha eroso le sponde asportando in più tratti la ferrovia Domodossola-Locarno e abbattendo quasi tutti i ponti. La tipologia e le condizioni di imposta del ponte di Fig. 7 hanno limitato i danni alla parziale asportazione del rilevato di accesso in destra (si notino le dimensioni dei tronchi ammassati).

A Malesco invece (Fig. 8-9) i ponti, ad archi multipli in muratura, non hanno retto all'urto della piena.

Fig. 7

Fig. 9

Fig. 10

L'elevata portata dei corsi d'acqua ad oriente del T. Orba il 6 ottobre 1977 ha ampliato gli alvei scorrenti in ampi fondovalle. Per l'assenza di materiali grossolani, la struttura del ponte in Fig. 10 sul T. Albedosa non ha subito danni pur essendo state aggirate entrambe le spalle. La piena del T. Angrogna, affluente di sinistra del Pellice, il 19 maggio 1977, ha provocato l'erosione del fondo in corrispondenza di un ponte non ancora ultimato (Fig. 11) a monte dell'abitato di Prà del Torno. Per l'ostruzione parziale della luce, il ponte è stato aggirato in destra.

Fig. 11

Fig. 12

Le numerose campate a travi continue e l'esile profilo delle pile, pur essendo le luci ridotte dall'accumulo di legname, hanno limitato i danni subiti dalla passarella presso Re sul Melezzo orientale (7/8/1978, Fig. 12). Analoga situazione a Villar Pellice sul Pellice il 19 maggio 1977 (Fig. 13). Si osservi che, tuttavia, la piena arrivò a lambire l'impalcato delle opere.

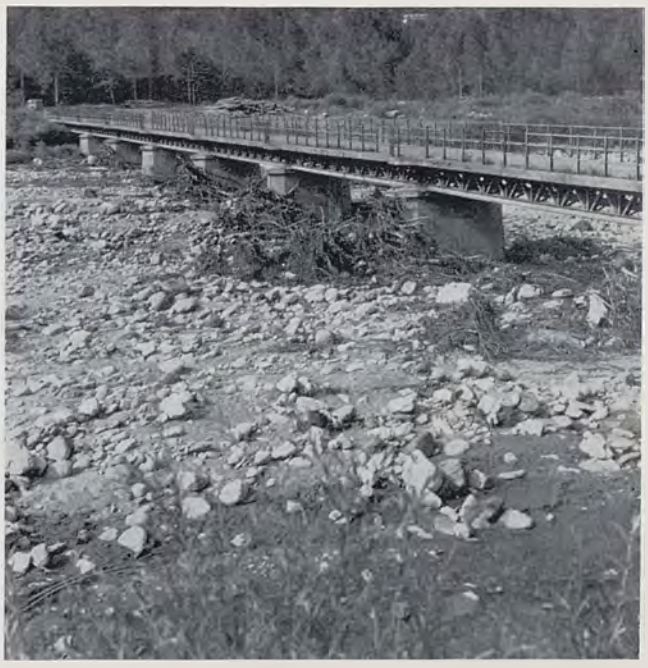


Fig. 13

Fig. 14

L'ingente trasporto di materiali lapidei e di tronchi di grandi conifere ha ridotto la sezione libera sotto il ponte a trave continua sul Rio Vasca (sub-affluente di sinistra del Melezzo Orientale) presso il Rifugio Vasca (Fig. 14). L'opera è stata sormontata, le sponde a monte erose, l'edificio del rifugio (visibile in Fig. 15) danneggiato. Le pile sono state singolarmente erose dai materiali in movimento per una altezza sul fondo di circa 4 m. La Fig. 15 mette in evidenza, in una fotografia ripresa dalla sponda sinistra, la forma della lesione subita dalle pile. Il ricoprimento dei ferri è stato, in parte, esportato dal fianco delle pile.

In secondo piano, nella Fig. 14, è visibile il ponte ad arco in pietrame della mulattiera impostato su roccia in un restringimento naturale dell'alveo in corrispondenza di un sensibile aumento della pendenza del fondo. Detto ponte ha superato l'impatto della piena; altrettanto non si può dire del ponte a travata nonostante una luce totale di circa 60 m.

La Fig. 16 presenta un ponte ad arco sul T. Germanasca di Massello in Val Chisone dopo la piena del 19 maggio 1977.

Fig. 15

Fig. 16

Fig. 17

La Fig. 17 illustra il ponte ad arco impostato sul T. Isornino presso Zornasco allo sbocco nella Val Vigezzo. Si osservi l'intensa attività di trasporto nell'alveo al centro della fotografia. In basso, al bordo destro dell'immagine, sulla conoide del torrente, si vede il ponte a due travi appoggiate (dettaglio, visto da valle, in Fig. 18) rimasto danneggiato a causa della parziale ostruzione di una luce (evento del 7 agosto 1978).

Anche in questo caso, valgono le osservazioni fatte a proposito dei ponti sul Rio Vasca nella pagina precedente.

Lungo la linea Genova-Ovada, il ponte metallico a luce unica (61 m circa) in Fig. 19 ha consentito il deflusso della piena notevolissima della Stura di Ovada il 6 ottobre 1977 (bacino sotteso: 120 km^2 circa; portata valutata: 2100 m^3/s; altezza media dell'acqua: 7 m circa; la corrente interessò l'orditura inferiore del ponte presso la spalla sinistra posta all'esterno della curva).

Meno facili condizioni si sono verificate, durante lo stesso evento, al ponte illustrato in Fig. 20 posto assai più a monte (bacino sotteso: 40 km^2; portata valutata: circa 800 m^3/s).

Fig. 18

Fig. 19

Fig. 20

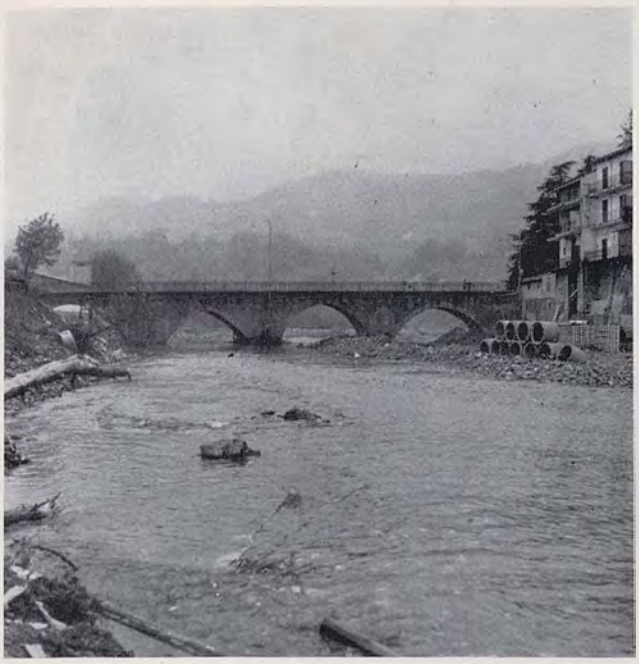


Fig. 21

Fig. 23

Difficili condizioni di deflusso si verificarono al vecchio ponte di Gavi (Fig. 21) sul Lemme dove le acque esondarono in sponda sinistra (6 ottobre 1977). Analoga situazione si determinò al ponte di Porte sul Chisone (evento del 19-20 maggio 1977) che fu sormontato e la S.S. 23 del Sestriere, adiacente al corso d'acqua, fu allagata (Fig. 22). Il ponte di Villar Perosa (Fig. 23), più a monte, durante la stessa piena fu semidistrutto per sormonto. Sul Pellice, il ponte Blancio, in Torre Pellice, cedette sotto la spinta delle acque e dei tronchi trasportati (dopo il crollo, fu gettata la passerella in legno visibile in Fig. 24).

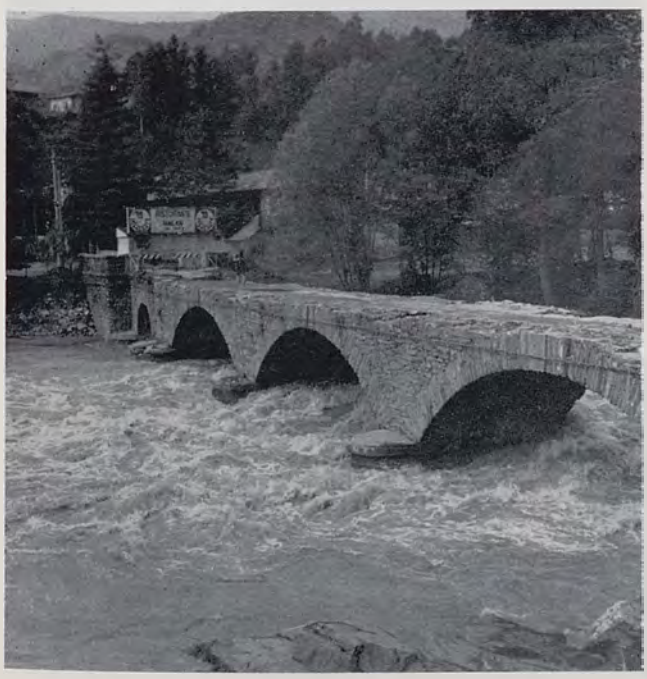


Fig. 22

Fig. 24

Fig. 25

Il ponte di Belforte sulla Stura di Ovada (Fig. 25) crollò nel corso della piena del 6 ottobre 1977 (si faccia riferimento al commento alle Fig. 19 e 20). Il crollo del ponte di Bibiana sul Pellice del 19 maggio 1977 (Fig. 26) fece sette vittime: fu imputato ad un'ondata giunta improvvisa provocata dal cedimento del ponte Blancio in Torre Pellice. Seguì il crollo del ponte di Garzigliana, nell'ambito di una drammatica reazione a catena più volte osservata nel corso di eventi alluvionali. L'ingente quantità di tronchi convogliati dalla corrente ebbe un ruolo determinante. Stessa sorte toccò al ponte, ad archi multipli in muratura, sul Po a Martiniana (Fig. 27). Il ponte Malbec sull'alto Pellice appare in Fig. 28 dopo il ripristino del transito sulla strada Bobbio-Villanova. Oltre 10.000 m^3 di detriti con blocchi di grandi dimensioni, scesero dal piccolo bacino del Rio Imeut (circa 1,5 km^2 di superficie) e sbarrarono l'alveo del Pellice (visibile sulla destra della foto) a monte del ponte.

Fig. 26

Fig. 27

Fig. 28

Fig. 29

La S.S. 23 del Sestriere fu interrotta il 19 maggio 1977 per alluvionamento da parte di corsi d'acqua presso Souchéres Basses. Le Figg. 29 e 30 presentano dopo il ripristino del transito (foto del 16/6/77) la situazione agli attraversamenti dei rii Faussimagna e del Pis. Le luci resteranno parzialmente occluse e i detriti, accumulati sulle sponde a monte dei tombini, potranno essere ripresi dalla corrente in piene successive. Infatti i danni nella zona sono ricorrenti.

La S.S. 335 per Bardonecchia attraversa il Rio Perilleux su un ponticello (Fig. 31) che, in occasione anche di semplici temporali, non è in grado di convogliare l'ingente trasporto solido [9]. La S.S. 25 del Moncenisio fu sormontata il 29/8/1977 dalle acque del Rio Rocciamelone presso

Fig. 30

Fig. 31

Foresto per l'intasamento del ponticello di attraversamento (Fig. 32). A Bussoleno caddero 72 mm di pioggia in 5 ore: tale valore in base ai dati di soli 19 anni di osservazioni pluviografiche, avrebbe un tempo di ritorno di oltre 50 anni. Tuttavia, il ponticello di accesso ai fondi coltivati in Fig. 33 ubicato poco più a monte, non ebbe guai.

Fig. 32

Fig. 33

Fig. 34

Fig. 37

Fig. 35

La S.S. 24 del Monginevro è stata allagata dal Rio Gerardo (Comune di Mattie) esondato nel tratto in conoide il 19 maggio 1977 (Fig. 34). Le piene del torrente sono ricorrenti: 27/9/1920, 3-4/5/1947, 4/9/1948, 2-3/5/1949, 27-28/9/1953, 13-14/6/1957, 15/8/1972, 6/6/1973), con danni ai centri abitati e alla viabilità. La S.S. 24, che attraversa il rio al piede della conoide sul ponticello in Fig. 35, è spesso interrotta. Nello stesso evento, il rio Corrente provocò danni a Menolzio (Fig. 36). La stessa S.S. 24 in Comune di Salbertrand, attraversa il Rio Secco sul ponticello in Fig. 37. I detriti ammucchiati derivano dal disalveo operato dopo l'alluvionamento avvenuto il 19 maggio 1977 (Foto del 16/9/1977). Il Rio Secco ha un bacino (visibile in secondo piano sulla fotografia) di 5 km^2 con un dislivello di circa 2000 m ed attraversa aree di rocce degradate.

La Fig. 38 mostra il ponte ferroviario sullo stesso rio, poco più a valle dell'attraversamento stradale. L'opera di disalveo si è limitata a liberare una sola campata. Si osservi inoltre, per confronto con la figura umana e con riferimento alla Fig. 37, i diversi criteri di dimensionamento adottati nel determinare la luce di un manufatto.

Fig. 36

Fig. 38

Fig. 39

Fig. 41

L'ostruzione del tombino sul Rio del Pis (cfr. Fig. 30) sotto la S.S. 23 del Sestriere ha provocato il disalveamento delle acque che, invasi alcuni edifici, si sono incanalate lungo la strada riversandosi a valle con danni al terrapieno (Fig. 39; evento del 19 maggio 1977). La Fig. 40 documenta la distruzione sul centro abitato di Toceno (7 agosto 1978) per la rottura del condotto del Rio Rido. Anche il condotto del Rio Merdarello in Susa si ostruì durante la piena del 19 maggio 1977 interrompendo la S.S. 24 (Fig. 41). In fase di ripristino, è stata costruita, a monte dell'imbocco del tratto coperto, una vasca progettata in modo che i materiali grossolani e i tronchi trattenuti possono essere in seguito rimossi. Si tratta di un primo esempio di opera di salvaguardia che accoglie esplicitamente il concetto di difesa dal trasporto solido indipendentemente dalla stima della portata liquida. L'elevato valore del rapporto fra portata solida e liquida nei bacini piccoli determina l'inefficienza delle infrastrutture (Fig. 42; il Rio Ghicciard, Comba Carbonieri, dopo l'evento del 19/5/1977, all'attraversamento della strada per il Rifugio Barbara).

Fig. 40

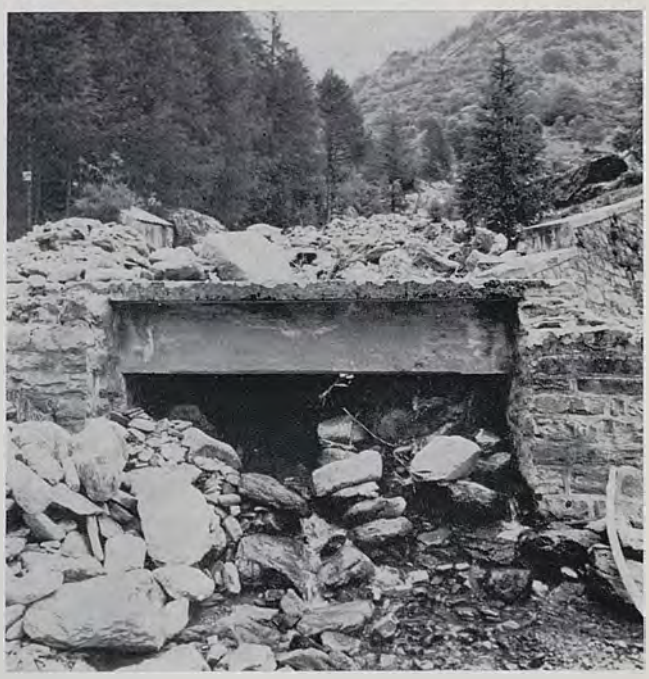


Fig. 42

Restauration immobilière dans le quartiers anciens du centre Ville de Chambery (Savoie)

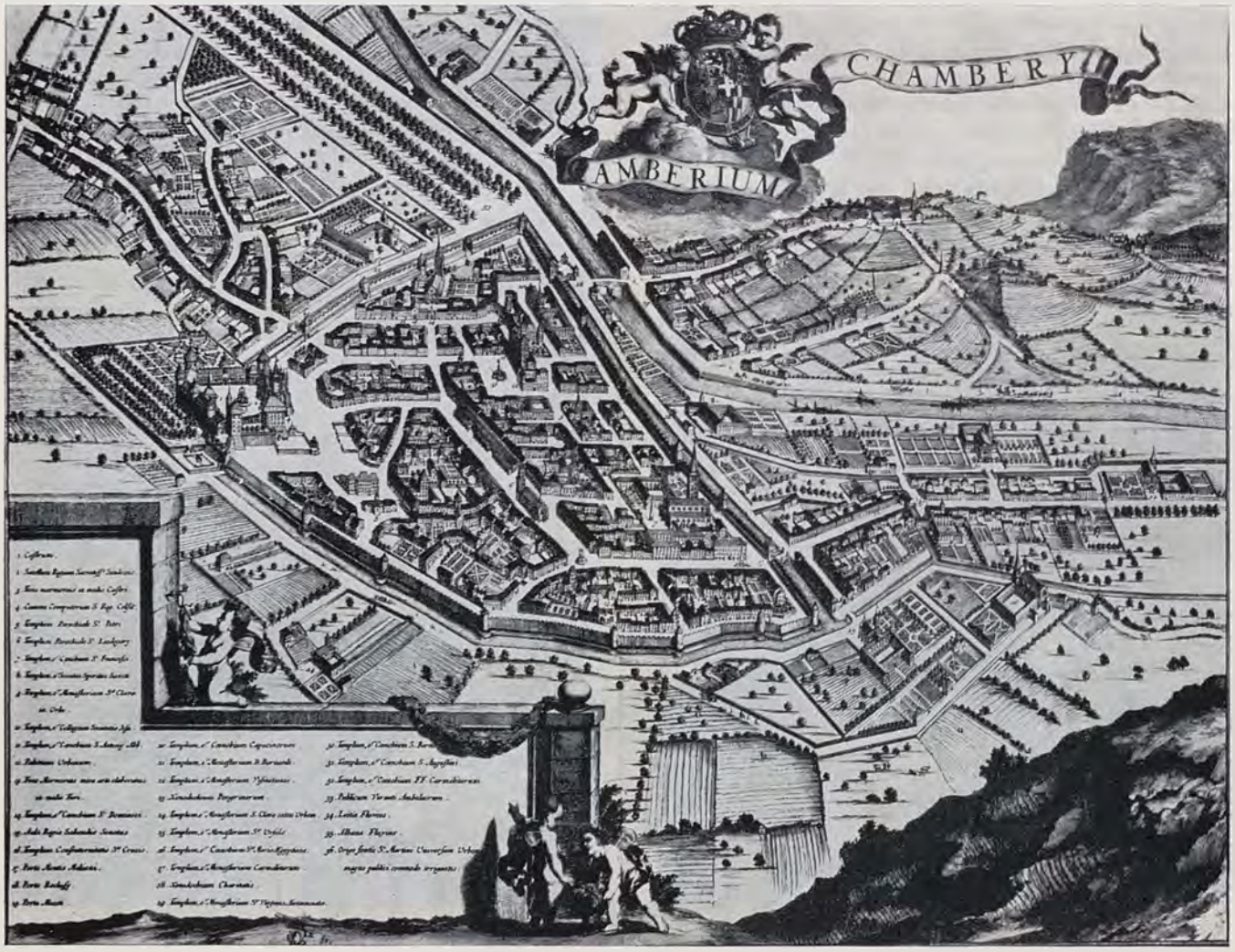
EDMOND BROCARD (*) illustra in questo articolo, come già aveva fatto nella sua conferenza del 6 giugno 1978 presso la sede della Società, le operazioni di restauro urbano eseguite nel Centro Storico di Chambery. L'Autore illustra i provvedimenti legislativi e finanziari vigenti in Francia che ne hanno permesso la realizzazione, la « filosofia del recupero » che ha informato la decisione di operare nel centro storico, fornendo anche alcune sintetiche ma efficaci informazioni sulla storia di questo centro urbano.

La législation des Monuments Historiques (loi du 31 décembre 1913) s'est principalement souciée d'assurer la protection des édifices et leur conservation en instituant des périmètres de protection. La loi a sauvegardé l'environnement de ces édifices sans s'attaquer aux problèmes de restauration qui se posent, notamment, dans les quartiers anciens des agglomérations urbaines constituant l'environnement des monuments.

(*) Architecte diplomé par le Gouvernement, Architecte des Monuments Historiques de la Savoie.

Ce n'est que le phénomène d'urbanisation des centres villes qui, en assurant la rénovation par des démolitions intempestives ayant pour premier résultat la destruction du tissu urbain, a permis d'entamer le processus de mise en valeur de l'environnement.

La base de cette doctrine repose sur la loi du 4 août 1962, dite Loi Malraux, qui a étendu la conservation immobilière à des secteurs sauvegardés présentant un caractère historique estétique ou de nature à justifier la conservation, la restauration ou la mise en valeur de tout ou partie d'un ensemble d'immeubles.



Ainsi des plans permanents de sauvegarde et de mise en valeur on pu être établis et des perspectives offertes à ceux qui étaient soucieux de conserver notre patrimoine historique et d'oeuvrer pour une réhabilitation des quartiers anciens.

Le développement du centre ville a tenu compte, dans la mesure où il ne s'oppose pas à l'interêt général, de l'aménagement des traditions ancestrales et du caractère particulier que celles-ci ont créé.

Les structures de ces quartiers autrefois en évolution constante ont provoqué de nos jours une séparation totale du centre vivant de nos villes. Il fallait donc, en premier lieu, obtenir la réanimation des quartiers anciens par une réintégration dans la vie sociologique, culturelle et économique de la cité.

Le plan de mise en valeur a impliqué des réaménagements profonds des restructurations pour dégager, assainir et rendre à l'habitation des immeubles tombés en désuétude. Interviennent dans ces opérations: les collectivités locales, les associations culturelles, les architectes des Monuments Historiques et les urbanistes.

Il est évident que chaque groupe sociologique, et en particulier les collettivités locales et les associations de propriétaires, ont une part importante dans l'élaboration de ce document d'urbanisme.

La loi ne prévoit pas une évolution de ces documents; néanmoins dans un avenir prochain il faudra bien constituer, comme en matière de plans d'occupation des sols (POS), une possibilité de refonte du plan de sauvegarde et de son adaptation par rapport au développement urbanistique de la ville, compte tenu des critères de mutation.

Cette prospective réaliste devrait être concrétisée per un plan d'insertion des quartiers anciens dans l'agglomération en voie de développement, et par une animation organisée des secteurs d'habitation, englobant l'utilisation des monuments historiques.

Les moyens mis en oeuvre pour la restauration immobilière

Ce sont d'abord les moyens juridiques: la loi prévoit la création d'associations syndicales de propriétaires, et la possibilité offerte aux collectivités de se substituer aux défaillants par la création de sociétés d'économie mixtes dans le rôle d'aménageur. La mise en place de ce processus technique a défini une politique de restauration en conformité avec le plan de mise en valeur des quartiers anciens, mais qui cache de graves lacunes.

La collectivité, assurant dans la plupart des cas la maitrise de l'ouvrage, peut préempter suivant l'estimation du Service des Domaines lors de chaque vente d'immeubles à l'intérieur de la Zône d'intervention foncière (ZIF).

L'essentiel de ces opérations ayant pour objet de retrouver dans les centre villes toutes les couches sociologiques et de maintenir celles qui s'y trouvent actuellement, des compensations locatives doivent les y aider.

L'aide personnalisée au logement sera progressivement mise en place et se substituera pour partie à l'*allocation logement* dans les années à venir. Son barême, applicable dans les logements neufs ou améliorés, sera plus favorable pour les ménages modestes que celui de l'allocation logement. Deux conséquences pourront en résulter:

— le maintien sur place de personnes habitant des logements vétustes sera facilité dans tous les cas où les immeubles concernés donneront lieu à attribution de l'*aide personnalisée au logement* (APL), soit par un conventionnement entre le bailleur et l'Etat, soit par acquisition et restauration par un organisme de construction sociale;

— quand il est rendu inévitable, le relogement des personnes éventuellement déplacées pourra s'effectuer plus facilement dans des logements construits (ou des logements vacants acquis et restaurés) par les mêmes organismes. De plus le relogement à proximité des zônes d'origine sera facilité par la mise en place d'aides au titre de la surcharge foncière en centre ville.

Des aides seront accordées aux propriétaires occupants, sous forme de subventions pour travaux, et complèteront ainsi le dispositif des aides exitantes. Elle seront, au moins dans un premier temps, réservées à des opérations d'amélioration de l'habitat. Elle donneront lieu à l'attribution de l'aide personnalisée au logement pour le remboursement des charges des emprunts éventuellement contractés pour compléter la subvention.

L'accession à la propriété de logements neufs ou de logements anciens acquis et restaurés par des particuliers sera favorisée grâce à l'attribution de prêts immobiliers conventionnés de type nouveau, permettant d'obtenir l'aide personnalisée au logement APL.

L'accès à la propriété de logements dans les quartiers anciens pourra par conséquent donner lieu à une demande socialement plus large que par le passé.

Le maintien des commerces locaux est une carte essentielle de la réussite de ce programme car ils constituent la première animation du centre ville. Il faut éliminer l'intrusion de bureaux et administrations dans ce centre ville où ils remplacent peu à peu les habitants sous un prétexte assez curieux d'insalubrité des locaux pour habitation.

Améliorer la qualité et le cadre de vie, réduire les inégalités

Ces deux propriétés trouvent une application dans l'aménagement des quartiers urbains existants.

La politique d'aménagement des villes moyennes vient de montrer l'importance de ces actions publiques dans la réalisation d'une mise en valeur à Chambery (contrat *Ville moyenne* passé entre Chambery et l'Etat).

Le Fonds d'aménagement urbain (FAU) regroupé récemment au sein du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, ainsi que le groupe interministériel Habitat et Vie Sociale, ont mis au point une refonte des opérations d'aménagement et des études, qui se traduit par un assouplissement des possibilités d'intervention.

Cette refonte des procédures a pour objectif de mettre en oeuvre une stratégie qui privilégie l'enchainement d'opérations plutôt modestes, et retenues en fonction de leur pouvoir *d'entraînement* vis à vis du reste du tissu urbain.

Jusqu'à présent l'action publique était décidée par référence à une procédure juridique donnée: Ordonnance de 1958 sur la rénovation urbaine, loi de 1962 sur la restauration immobilière, loi de 1970 sur la résorption de l'habitat insalubre.

Utilisée de façon rigide dans un secteur déterminé, cette manière de faire ignorait la réalité complexe des tissus urbains et imposait l'intervention directe d'un aménageur, au détriment des associations de propriétaires qui auraient pû eux mêmes mener cette action.

L'innovation du Fonds d'aménagement urbain FAU assouplit donc cette procédure, qui pourra s'éxécuter suivant un ensemble d'éléments ou de modes d'intervention qui bénéficieront de financements distincts et à des taux différents.

Par exemple: une opération d'amélioration de l'habitat, la création d'un espace vert, la destruction d'immeubles insalubres irrécupérables, pourront être groupés dans la même décision de financement, même si les interventions ne sont pas en continuité physique, ni comprises dans un périmètre juridique d'intervention.

Le fonds d'aménagement urbain FAU partecipe à la rénovation urbaine, à la restauration immobilière, à la résorption de l'habitat insalubre, aux opérations programmées d'amélioration des logements et la mise en valeur architecturale des ensembles urbains.

Il subventionne les collectivités locales pour la part des coûts qu'elles prennent en charge dans les actions d'aménagement suivantes:

— le curetage;

— l'aménagement de monuments ou d'immeubles de qualité aux fins d'animation urbaine;

— la restauration de bâtiments anciens par des propriétaires privés pour les logements loués à bail. L'Agence Nationale d'Aménégement de l'Habitat (ANAH) consent des conditions préferentielles;

— l'aménagement d'espaces publics (espaces verts, rues piétonnes), la mise en valeur du paysage urbain, mobilier urbain;

— la construction d'équipements;

— la création de parkings urbains;

— le raccordement aux réseaux existants ou à créer.

Pour la resorption de l'habitat insalubre, l'Etat apporte une subvention à la collectivité locale de 70 à 80 % du déficit supporté par elle.

Les quartiers anciens sont appréciés pour l'échelle et la qualité de leur organisation générale. Le système des rues et des places n'a donc plus, sauf exception, à être modifié dans les centres et les quartiers présentant un interêt suffisant sur le plan de la préservation du site.

Les hauteurs autorisée respecteront les perspectives existantes. Les ensembles architecturaux de qualité seront maintenus et restaurés dans la mesure du possible. Les constructions neuves devront s'intégrer convenablement aux quartiers anciens, et sans s'obliger au pastiche, respecteront l'échelle du quartier et le jeu des volumes.

Par ailleurs, il est opportun de donner aux monuments et bâtiments symboliques qui contribuent à donner à un quartier son caractère, une affectation permanente socialement appréciée: équipement social ou culturel, lieu de manifestations culturelles, centre commercial ou place conçue comme lieu de rencontre.

Pour que puisse être appréciée sa compatibilité avec ce objectif, chaque proposition d'opération doit faire apparaitre avec précision ses répercussions sur l'ensemble du site, la conservation du patrimoine bâti, la qualité de l'environnement urbain et notamment la compatibilté des travaux envisagés avec des protections légales existantes ou en préparation.

Une attention particulière sera apportée à la limitation du poids de la charge foncière, en utilisant tous les moyens d'intervention disponibles. A cet égard, tous les terrains dont la valeur foncière sera affectée par une opération devront, préalablement à son déclenchement, être inclus dans une zône d'intervention foncière ZIF ou une zône d'aménagement différé ZAD.

Le plan de mise en valeur peut servir d'étude préalable d'ensemble, dite *plan de référence*. Il en résulte un recensement des opérations qui permet aux responsables de choisir en toute connaissance de cause. Ce plan de réference aide les municipalités à user ou non de leur droit de préemption. Régulièrement tenu à jour, ce plan de mise en valeur peut être considéré comme le document de base de la politique municipale d'aménagement urbain en quartiers anciens.

Les études préalables d'opérations sont financées par la collectivité locale avec une subvention de l'Etat au taux de 50 % de la dépense prévisible.

Un taux de 70 % est admis pour des études d'ensemble.

Les études de réalisation bénéficient des mêmes taux de subvention.

Les moyens de financement de la réhabilitation des logements restent compliqués.

Mais nous pouvons résumer les principales aides en distinguant:

— le propriétaire bailleur ;

— le propriétaire occupant;

— la personne accédant à la propriété d'un logement en l'améliorant;

— le locataire.

On trouvera:

1° - l'aide aux travaux:
par voie de subvention,
par l'attribution de prêts;

2° - l'aide aux personnes:
par l'aide personnalisée au logement APL,
par les avantages fiscaux.

Parmi les subventions, il faut introduire la notion de *surcoût architectural*: il est évident que certaines restaurations à l'identique font intervenir des méthodes coûteuses de travaux confortatifs, et la mise en oeuvre de matériaux traditionnels apportant une plus value à la dépanse normale et minimale de l'opération projetée pour un immeuble de construction courante. C'est cette différence qui est prise en compte par l'Etat, et qui a atteint 33 % de la dépense réelle, notamment lors de la restauration de la Place Saint Léger à Chambery. La collectivité départementale (Conseil Général) et la Ville de Chambery ont apporté respectivemet 20 % et 10 % pour la réalisation de ces travaux.

Ces mesures d'orientation approuvées par les syndics des immeubles après réunion des assemblées générales des copropriétaires apportèrent une solution à des problèmes esthétiques souvent ignorés des principaux interessés.

Dan le cas de la Place Saint Léger, à Chambery, la transformation de l'espace public et sa reservation en centre d'animation culturel et commercial, a justifié la restauration des façades polychromes. Cette mise en valeur entrainant ipso facto l'assainissement des appartements bordant la Place.

Auparavant le centre s'asphyxiait, et il n'était plus possible d'y accéder, rendant inévitable la désaffection des logements, le départ de leurs habitants et la fermeture progressive des commerces. Aujourd'hui, l'ensemble de ces opération se réaliserait dans le cadre du Fonds d'aménagement urbain FAU, et la simplification des procédures et des modes de financement aboutirait à une économie sensible des réalisations.

On peut résumer ces objectifs définis dans une application privilégiée pour les logements anciens négligés depuis la reconstruction après 1945, aggravés par la loi de 1948 sur les blocages des loyers:

la nouvelle procédure aboutit à:

— donner aux élus locaux les moyens d'une politique de revitalisation du tissu urbain de leur localité;

— la réhabilitation des immeubles dans des conditions socialement acceptables;

— l'abaissement du coût d'intervention sur le patrimoine immobilier;

— l'animation et la réutilisation des monuments historiques;

— la simplification des procédures.

Des critères importants de la politique du développement urbain résident:

— dans la recherche d'un équilibre sociodémographique des agglomérations par rapport à leur centre ville confondu avec les secteurs anciens;

— dans une conception nouvelle de la restauration et de la création de logements;

— dans une animation socioculturelle adaptée aux centres anciens regroupant les différentes couches de la population, et les mettant en contact avec les apports extérieurs afin de faciliter les échanges.

Une réflexion d'ensemble sur les centres villes doit tenir compte à la fois des objectifs et des critères d'analyse sur les conséquences sociales de la restauration de l'habitat en milieu ancien. Les quartiers anciens souffrent des maux les plus divers consécutifs à notre société: abandonnés lentement par le commerce local, envahis par la circulation pour laquelle ils n'étaient pas fait, les logements se dégradent et leur transformation anarchique n'apporte pas un assainissement minimum nécessaire à leur survie. Par ailleurs des interventions massives bouleversent certains secteurs, irrespectueuses du patrimoine existant et de ses occupants.

La loi sur les Secteurs sauvegardés a donc, à l'origine, fait prendre conscience aux collectivités et aux habitants de la nécessité d'une sauvegarde pour une restauration immobilière de longue haleine, afin d'améliorer la qualité du cadre de vie et de réduire les inégalités. La mise en place du Fonds d'aménagement urbain FAU doit apporter un nouveau souffle à l'éxécution du plan de sauvegarde, par une meilleure coordination, et une plus grande souplesse dans la mobilisation des moyens financiers, ainsi qu'une simplification des procédures juridiques. La grave responsabilité donnée aux municipalités se caractérise dans des opérations en profondeur, sous réserve d'une décentralisation par la mise en place d'un groupe administratif départemental, qui sera un organisme d'instruction et de coordination, et par la déconcentration des crédits d'Etat.

Le centre historique de Chambery

Le type d'ensemble ancien caractéristique de Chambery est un *noyau historique*, la Place Saint Léger occupant à l'origine une position centrale défensive sur un ilôt, dans un vaste marais sillonné par des bras de rivière, prolongeant le Lac du Bourget.

La place se présent sous la forme d'un vaste espace central, lieu de rassemblement séculaire bordé par un tissu ancien de constructions format rempart du côté des rivières et structuré par des passages Nord Sud facilitant l'accès vers la périphérie défensive, rivières et marais formant une barrière naturelle face aux invasions.

Cette première urbanisation se situe à l'époque des grandes invasions barbares des Veme et VIeme siècles, après le déclin de la station romaine de Lemencum, située sur la voie romaine allant de Milan à Vienne en Dauphiné. A l'époque médiévale, le tissu ancien des constructions de hauteurs sensiblement égales, dominé par l'église Saint Léger, s'est développé dans le prolongement des passages qui ont continué leur rôle d'accès aux remparts ceinturant l'agglomération.

Ce noyau dense s'est développé extra muros, expliquant les reports successifs de l'enceinte fortifié aux XIIeme et XIVeme siècles (1371).

Le castrum implanté sur une butte mollassique emergeant du marais appartenait è un seigneur local, Berlion. Au XIIIeme siècle il fut acheté par Thomas Ier comte de Maurienne et de Savoie. Les *Savoie* ne cessèrent d'agrandir la ville qui devint la capitale de leurs états. Peu à peu le marais fut entièrement drainé et les eaux renvoyées dans les rivières souterraines vers le Lac du Bourget. Le réseau actuel des égoûts emprunte d'ailleurs certains des anciens traés.

La physionomie de la Place Saint Léger au Moyen Age

C'est un centre actif au caractère vivant, avec un merveilleux système de ruelles en liaison directe avec le réseau de passages, l'ensemble aboutissant sur l'espace central qui grouille de marchands, d'habitants et d'étrangers, selon les marchés de tradition médiévale, vaste *campo* traversé par les processiones et autres cérémonies religieuses. Le système chamberien des passages de piétons rend les déplacements à travers la ville faciles et variés. Le passant se trouve tour à tour enfermé dans une étroite ruelle, puis lâché dans la lumière et l'espace libre de cette vaste place oblongue. Le développement de Chambery n'est pas un hasard: toute l'économie alpine, tout le trafic de cette époque marcande passe par Chambery où l'étroitesse de la cluse facilite le contrôle des marchandises, et où péages et tonlieux peuvent être perçus dans les meilleures conditions. A la fin du Moyen Age, les immeubles se garnissent de grandes galeries de bois qui pallient à l'insuffisance des escaliers et distribuent les logements. On circule même d'un côté à l'autre de la rue par des passages aériens. Ces loggias et passages aériens fort nombreux seront démolis au XVIeme siècle par ordre des Syndics en raison du développement des incendies dans ces quartiers denses.

Au XVeme siècle la forteresse de Chambery, résidence des Ducs de Savoie, atteint son apogée avec un ensemble défensif complet composé de tours réparties linéairement et aux angles d'un trapèze fermé, contrairement à la connaissance limitée que nous avons de cet édifice. En arrière de la Tour Trésorerie, j'ai pu voir, à l'occasion de travaux, l'amorce de salles voûtées en continuité avec les salles basses actuelles sous le jardin public. Ces bâtiments venient contre la Sainte Chapelle et jouxtaient la Tour du Pavillon, appelée souvent appartement de Monseigneur Don Felix, puis la Tour de Poudres primitivement Tour de Poype, disparue; la demi Tour aux armes appelée Tour du Donjon; la Tour des édits de la Chambre appelée Tour du Vent, la Tour du Carrefour aujord'hui Tour des Archives, la tour aux poudres qui était essentiellement une échauguette de signalisation de la port avancée de l'enceinte, la porterie du chateau, les bâtiments de la Chambre des Compts et enfin la Tour des Archives, aujourd'hui Tour Trésorerie, face aux quartiers des juifs, fréquemment sollicités pour les emprunts du royaume.

La Renaissance apporte d'Italie un nouvel art de bâtir: les immeubles en pierre remplacent les maisons à colombages et galeries. Mais la pierre de Lémenc et la mollasse ne sont pas d'excellente qualité, et c'est pourquoi les sculptures et ornementations seront rares dans l'architecture civile, et réduites à une proportion raisonnable dans l'architecture religieuse.

On assistera aux XVIIeme et XVIIIeme siècles à une ordonnance nouvelle suivant une trame régulière de baies en hauteur, chaque étage étant séparé par des cordons de pierre incrustés.

Au début du XVIIIeme siècle, la Place Saint Léger reste le centre économique principal de la

ville et les corporations se disputent les implantations; pourtant les *cabornes* ont doublé les possibilités de commerce et la Grenette, au chevet de l'église Saint Léger, regorge de grains. Le clocher de l'église menaçant de s'abattre sur les maisons voisines, celle ci sera démolie entre 1760 et 1765. Les cabornes et la rue couverte subiront le même sort en 1824.

Le XXeme siècle voit la réhabilitation des quartiers anciens après une période d'abandon dans sa première moitié, suivie d'un renouveau d'interêt limité lors de la reconstruction en 1950, puis la période de 1960 à 1975 reservée au développement périphérique avec la création des quartiers suburbains et le développement des banlieurs. Liée à l'évolution d'un artifice commercial qui recherche la clientèle là où elle se trouve, la société de consommation régresse aujourd'hui, et le commerce local devra savoir saisir la chance qui lui est offerte dans le cadre de la réanimation des quartiers anciens. L'épicentre redevient le centre vivant et doit jouer son rôle au coeur de la cité. Ainsi le centre historique reprendra sa place, grâce à une animation socio culturelle répondant aux besoins de la population qui réintègre les habitations autrefois en cours d'abandon.

La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino accoglie nella « Rassegna Tecnica », in relazione ai suoi fini culturali istituzionali, articoli di Soci ed anche non Soci, invitati. La pubblicazione, implica e sollecita l'apertura di una discussione, per iscritto o in apposite riunioni di Società. Le opinioni ed i giudizi impegnano esclusivamente gli Autori e non la Società.

Direttore responsabile: **GIUSEPPE FULCHERI** Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948
Spedizione in abbonamento postale GR III/70 - Mensile

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - CORSO SIRACUSA, 37 - TORINO